O Grafeno por J. Lopes dos Santos
Conheça as propriedades do grafeno

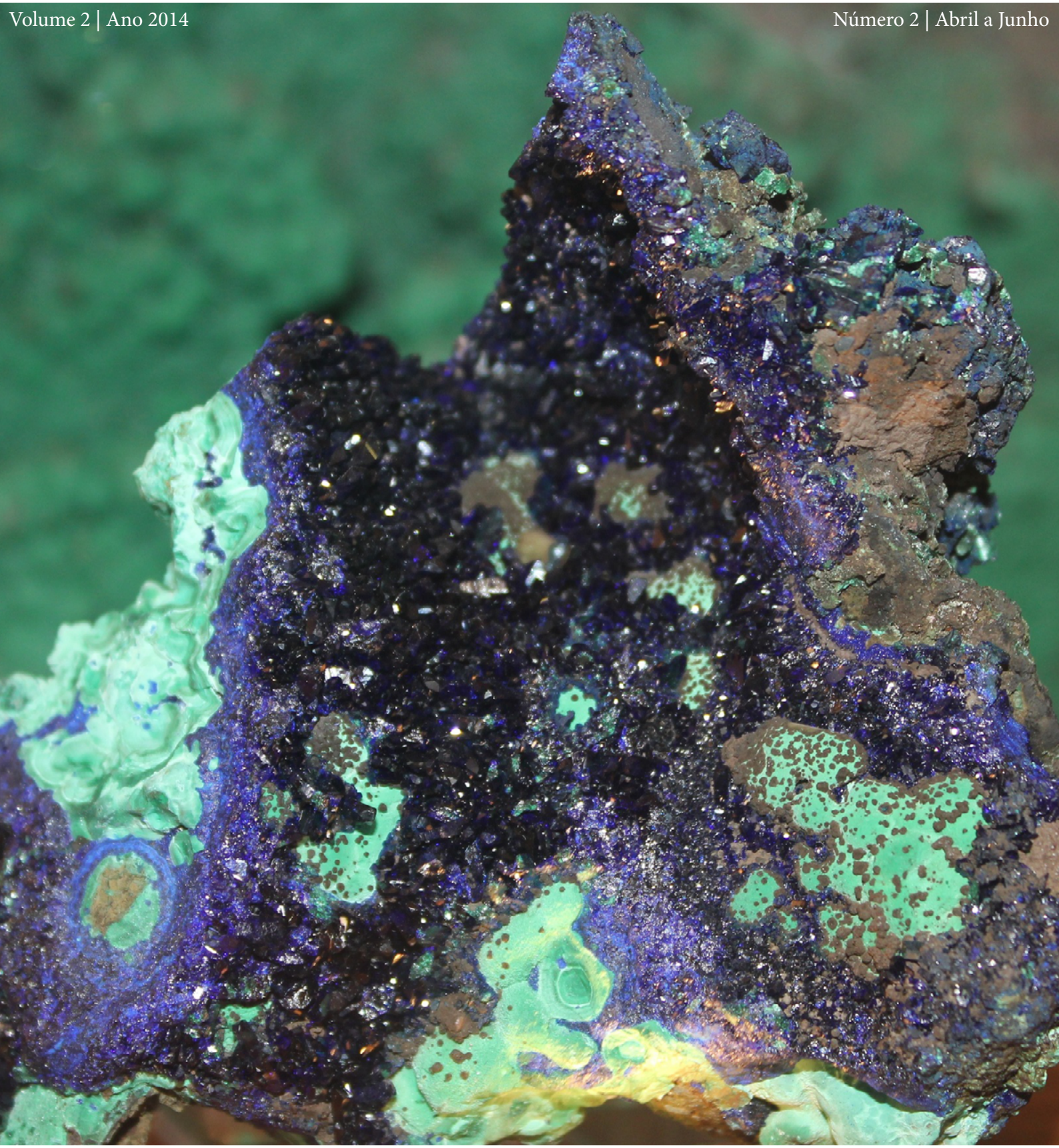
Apresentações para as suas aulas
Soluções para apresentar conteúdos

Criação de animações interativas
Interpolação de movimento no *flash*

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

Volume 2 | Ano 2014

Número 2 | Abril a Junho



Casa das Ciências casadasciencias.org

REVISTA DE

CIÊNCIA ELEMENTAR

Volume 2 | Ano 2014 Número 2 | Abril a Junho

Corpo editorial

Editor-chefe
José Alberto Nunes Ferreira Gomes
(Dep. Química e Bioquímica - FCUP)

Coordenação Editorial
Maria João Ribeiro Nunes Ramos
(Dep. Química e Bioquímica - FCUP)

Pedro Manuel A. Alexandrino Fernandes
(Dep. Química e Bioquímica - FCUP)

Alexandre Lopes de Magalhães
(Dep. Química e Bioquímica - FCUP)

Comissão Editorial
José Francisco da Silva Costa Rodrigues
(Dep. Matemática - FCUL)

João Manuel Borregana Lopes dos Santos
(Dep. Física e Astronomía - FCUP)

Jorge Manuel Pataca Leal Canhoto
(Dep. Botânica - FCTUC)

Luís Vitor da Fonseca Pinto Duarte
(Dep. Ciências da Terra - FCTUC)

Paulo Emanuel Talhadas Ferreira da Fonseca
(Dep. Geologia - FCUL)

Paulo Jorge Almeida Ribeiro-Claro
(Dep. Química - UA)

Produção

Diretor de Produção
Manuel Luis da Silva Pinto

Conceção e Design
Nuno Miguel da Silva Moura Machado

Suporte Informático
Guilherme de Pinho N. Rietsch Monteiro

Secretariado
Alexandra Maria Silvestre Coelho

Apoio Técnico
Diana Raquel de Carvalho e Barbosa

ISSN 2183-1270

◂ **Foto de capa**
Azurite
Miguel Sousa

Esta revista é uma produção

Casa das Ciências

Recursos Educativos Digitais

de professores para professores.

FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN

Índice

Notícias
As notícias mais importantes do mundo das ciências 4

Agenda
Exposições, palestras e formação. Conheça as opções disponíveis! 4

Editorial
Momentum - Alexandre Lopes de Magalhães 5

Opinião do trimestre
O Grafeno - J. M. B. Lopes dos Santos 6

II Encontro Internacional da Casa das Ciências
Conheça os detalhes do Encontro que decorrerá de 14 a 16 de Julho na cidade do Porto 12

Artigos de ciência elementar
Atualize e consolide o seu saber em ciência 15

Biologia

Aquaporinas 16
Embriogénese do anfioxo 17
Enzima de restrição 19
Fito-hormona 19
Membrana celular 21

Física

Campo elétrico 24
Capacidade e condensadores 28

História da ciência

Anders Celsius 30
André-Marie Ampère 31
Antoine Becquerel 32

Matemática

Dados (estatística) 34
Coeficiente de correlação amostral 34
Coeficiente de correlação populacional 36
Distribuição (estatística) 37
Distribuição de probabilidades 38
Modelo de probabilidade 38

Química

Átomo 40
Modelo atómico de Thomson 41
Modelo atómico de Rutherford 42
Modelo atómico de Bohr 44

Sugestões de recursos educativos
Apresentações para as suas aulas 47

Banco de imagens
Fotos e ilustrações nas suas apresentações 51

Criação de recursos educativos
Interpolação no *flash* 57

Correio do leitor
Partilhe connosco as suas impressões a respeito da revista 63

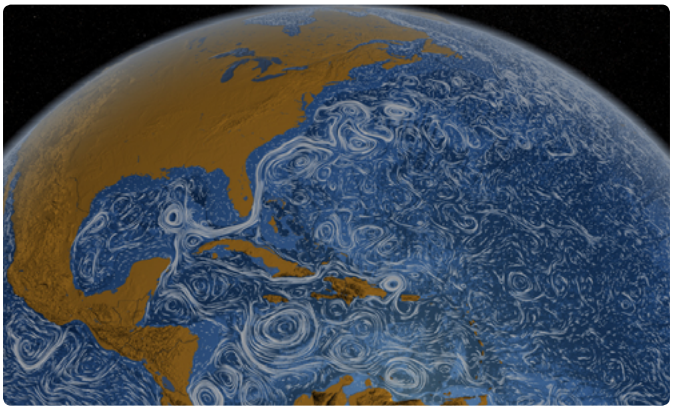
Planeta Terra visto da Estação Espacial

O projeto "*ISS HD Earth Viewing Experiment*" disponibiliza 24 horas por dia as imagens do planeta Terra captadas pela Estação Espacial Internacional. Para aceder às imagens visite o canal http://www.ustream.tv/channel/iss-hdev-payload#.

Confirmada a existência do elemento 117

O elemento químico com número atómico 117, identificado provisoriamente como ununséptio e observado pela primeira vez em 2010 por uma equipa de cientistas russos e americanos, acaba de ver a sua existência confirmada por uma equipa independente de cientistas.

NASA publica vídeo de correntes oceânicas



A NASA produziu um vídeo onde se mostra o comportamento das correntes marinhas, de acordo com dados de satélite captados entre junho de 2005 e dezembro de 2007. O vídeo e outras informações podem ser acedidos a partir da página *online* da NASA.

II Encontro Internacional da Casa das Ciências

Ensino e divulgação da Ciência no mundo digital do século XXI

Instituto Superior de Engenharia do Porto

14 a 16 de Julho

Terá lugar entre os dias 14 e 16 de Julho o II Encontro Internacional da Casa das Ciências, com lições plenárias, painéis, *workshops* e comunicações. Consulte o programa e inscreva-se.

Prémios Casa das Ciências 2014

Fundação Calouste Gulbenkian em Lisboa

19 de Maio

Todos os anos a Casa das Ciências premeia os melhores recursos educativos, imagens e ilustrações submetidos ao Portal. Este ano a cerimónia de entrega de prémios decorrerá no dia 19 de Maio na Fundação Calouste Gulbenkian.

Oficinas de Ciência para o pré-escolar e 1.º ciclo

Centro Ciência Viva do Algarve

de segunda a sexta das 10h às 11h30 e das 15h00 às 16h30

O Centro Ciência Viva do Algarve leva a ciência às crianças do pré-escolar e do primeiro ciclo, promovendo diversas atividades experimentais ajustadas aos programas curriculares.

Encontro com Histórias

Jardim Botânico da Universidade do Porto

até 22 de Junho

O Jardim Botânico está ocupado por um conjunto de fantásticas criaturas, que materializam o mundo imaginário criado por António Vasconcelos Lapa, num "Encontro com Histórias".

24.ª Feira dos Minerais, Pedras Preciosas e Fósseis

Reitoria da Universidade do Porto

de 30 de Maio a 1 de Junho

Nesta edição os apreciadores do mundo dos minerais vão ter uma oportunidade única para observarem e adquirirem algumas das milhares de peças em exposição.

Momentum

Alexandre Lopes de Magalhães

Com esta 3ª edição, a Revista de Ciência Elementar ganha definitivamente *momentum*. A crescente adesão a esta vertente do projeto Casa das Ciências tem sido muito gratificante para toda a equipa; além do elevado número de acessos para leitura *online*, as descargas das duas primeiras edições da Revista em formato *pdf* contabilizam já mais que 7000. Por outro lado, como foi anunciado no número anterior, a Revista é agora reconhecida pelo Google Scholar, contando já com cerca de 30 referências.

Na presente edição, mantivemos e reforçámos o propósito original que é o de divulgar materiais de índole didática em ciências exatas, numa linguagem simples mas rigorosa, e que apoiem a atividade docente de toda a comunidade de professores do espaço lusófono. Este número inclui três pequenos textos com notas biográficas sobre Anders Celsius, André-Marie Ampère e Antoine Becquerel, dando assim início a uma nova categoria para a submissão de artigos que é a *História da Ciência*. Textos que relatem episódios curiosos em ciência, biografias de cientistas, ou história da Ciência em geral, ajudam a contextualizar os conceitos e a linguagem que usamos correntemente na nossa atividade profissional. Esperamos que os nossos leitores partilhem desta opinião, e que se sintam motivados para submeter as suas contribuições.

Neste número damos também destaque ao II Encontro Internacional da Casa das Ciências que, estamos certos, constituirá um importante marco deste projeto global. O programa é muito diversificado nos conteúdos e nos formatos de modo a maximizar o leque de público interessado. Ao longo desses três dias teremos oportunidade de conviver e trocar experiências e saberes. Contamos convosco.

Os sucessos que gradualmente foram sendo alcançados com a Revista de Ciência Elementar em particular e com o portal da Casa das Ciências em geral ultrapassaram as nossas primeiras expectativas. Isto só foi possível devido à colaboração de todos aqueles que acreditam neste projeto. A todos, uma vez mais, *Obrigado*.

Alexandre Lopes de Magalhães
Coordenação Editorial

O Grafeno

J. M. B. Lopes dos Santos

Não há dúvida que o elemento Carbono é a maior dádiva de Deus aos químicos. A sua versatilidade é tal que existe uma especialidade de Química dedicada apenas aos compostos deste elemento. É verdade que essa versatilidade só se revela integralmente quando consideramos substâncias que incluem outros átomos, como os de hidrogénio, azoto ou oxigénio, para mencionar apenas alguns dos mais comuns na química do carbono. Mas só por si, o carbono já surpreende.

O átomo de carbono tem número atómico $Z = 6$, e portanto 6 eletrões. A química deste elemento é determinada pelos estados disponíveis para os quatro eletrões com menor energia de ligação: uma orbital *s* e três orbitais *p*. As orbitais são ondas estacionárias, e tal como as ondas, podem sobrepor-se, ou, na linguagem da Química, *hibridizar-se*. Para descrever os estados dos electrões nas ligações químicas do carbono, algumas hibridizações são mais convenientes que outras. Uma delas, designada por sp^3, inclui as quatro orbitais referidas e é conveniente para descrever moléculas em que o carbono forma quatro ligações covalentes, dirigidas segundo as direções do centro para os quatro vértices de um tetraedro; esta hibridização está presente na molécula de metano (CH_4) e na estrutura do diamante, que tem apenas átomos de carbono.

No grafeno a hibridização é do tipo sp^2: A orbital *s* combina-se com duas orbitais *p* para formar 3 orbitais planares formando ângulos de 120º. Cada uma dessas orbitais tem um eletrão, e nada a faria mais feliz (energeticamente falando) do que juntar-se com outra semelhante, por exemplo, com uma das 3 orbitais sp^2 de outro átomo de carbono. Assim não surpreende que átomos de carbono se organizem numa estrutura planar formada por hexágonos regulares, cujos vértices são ocupados por um átomo: o grafeno. Cada ligação tem dois eletrões, o que torna a estrutura muito plausível.

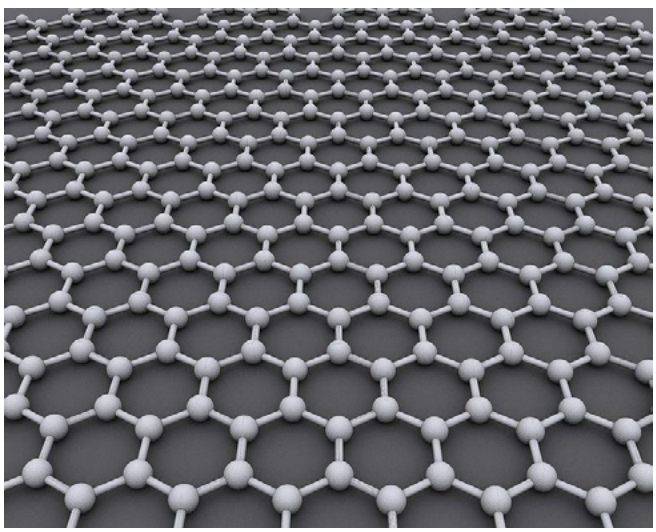


Figura 1 Estrutura do grafeno (imagem de Alexander AUIS).

Com efeito, Pauling, no seu clássico *The Nature of the Chemical Bond*[1], publicado pela primeira vez em 1939, já discute as propriedades do grafeno. Raciocinando com base no benzeno, tenta explicar o comprimento das ligações C–C. Em 1947, Russel Wallace, ignorando completamente as interações entre eletrões calculou a estrutura eletrónica do grafeno, obtendo o que é hoje a descrição aceite, a discutir mais à frente. Convém também lembrar que a grafite, uma forma tão comum de carbono (se tem um lápis, tem grafite) é simplesmente constituída por empilhamento de camadas de grafeno.

Se o grafeno é *notícia velha*, porquê então tanta excitação recente com este material?

Uma coisa é saber que um material faz sentido do ponto de vista químico, outra é fabricá-lo, isolá-lo e medir as suas propriedades. Isso só foi conseguido em 2004 por Andre Geim e Kostya Novoselov da Universidade de Manchester. Na realidade, Geim e Novoselov não fabricaram o grafeno de raiz. Conseguiram isolar uma camada extraída da grafite e localizaram-na com um microscópio ótico —as suas dimensões laterais eram apenas de alguns micra; um mícron é um milésimo de milímetro—, o que lhes permitiu começar a estudar as suas propriedades eléctricas. Um vídeo do grupo de Barbaros Özyilmaz[2] ilustra o método usado por Geim e Novoselov. Este método já deu posteriormente origem a cristais visíveis a olho nu, de dimensões da ordem do milímetro, mas não é escalável para produção em massa. Contudo, o interesse neste material foi tal que, menos de 6 anos após a sua descoberta, a Samsung já dispunha de métodos para produzir folhas de grafeno com 75 cm de diagonal!

Quais são então essas notáveis propriedades do grafeno?

Primeiro de tudo existe! De facto, é o primeiro material ordenado, estritamente bi-dimensional, planar, com a espessura de um único átomo, isolado e medido. Havia boas razões para pensar que a ordem cristalina e a natureza bi-dimensional deviam ser incompatíveis, e foi uma surpresa encontrar cristais de grafeno, com tão poucos defeitos, ordenados e coerentes em dimensões laterais macroscópicas. O próprio grupo de Manchester mostrou logo em 2005 que, partindo de outros materiais, que como a grafite são constituídos por camadas fracamente ligadas, é possível produzir outros cristais bi-dimensionais.

Imagine agora o(a) leitor(a) que a sua caixa de ferramentas não continha o alicate, porque ainda não fora inventado, ou porque se pensava que tal instrumento violava as leis da Física. Se lhe pusessem um na mão é possível que não imaginasse logo tudo o que poderia fazer com ele. Quem sabe se, passado algum tempo, não lhe ocorreria uma variação tão importante como … a tesoura!
Para os cientistas e engenheiros que trabalham com materiais, descobrir que é possível fabricar e manipular estruturas com a espessura de um átomo, que podem existir isoladamente, é como descobrir uma nova ferramenta; podemos não saber logo para que servirá, mas é óbvio que permitirá fazer coisas que não eram possíveis antes.

Pense numa folha de grafeno como se fosse um tecido. A modéstia impede-nos de usar roupa só feita de uma camada de grafeno, pois é quase transparente—só absorve 2,3% da luz, na gama do visível, o que, mesmo assim, dá contraste suficiente para o vermos (figura 2).

É um tecido elástico, como a Lycra. Consegue-se esticar reversivelmente cerca de 20%, mas requer muita força: cerca de 10 vezes mais do que a necessária para obter a mesma deformação numa folha do melhor aço, com a mesma espessura, cerca de 3Å. O aço, claro, cede muito antes de uma deformação relativa de 20%.
O grafeno também é difícil de furar. Pressionando uma folha de grafeno com uma agulha de dimensões atómicas—uma ponta de diamante de 20 nanómetros de raio—, é possível medir a força que é necessária para o perfurar[3]. Citando James Hone de Columbia, que fez estas medições:

"*Para pôr as coisas em perspectiva: se uma folha de 'cling film' (que tem uma espessura de cerca de 0,1mm) tivesse a mesma resistência intrínseca que o grafeno, necessitaria de uma força de 20,000 N (peso de 2000 kg) para ser perfurada por um lápis.*"

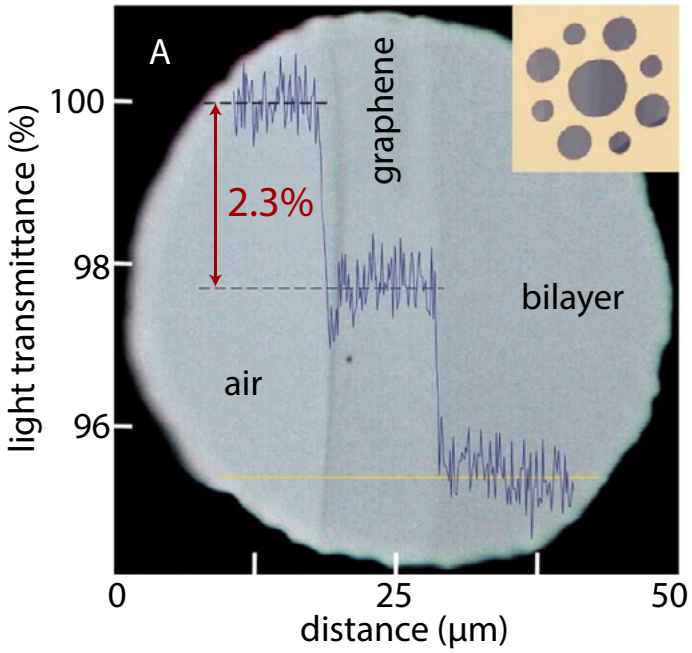


Figura 2 Uma abertura de 50 μm parcialmente coberta por uma camada de grafeno (centro) e por uma bi-camada (esquerda). O grafeno absorve 2.3% da luz no visível; mais precisamente a absorção é $\pi e^2 / \hbar c$ em que ***e*** é a carga do electrão, ***ħ*** a constante de Planck reduzida e ***c*** a velocidade da luz (Nair et. al, *Science*, vol. 320 (5881) p. 1308, 2008).

O grafeno é ainda um excelente impermeável. A malha é demasiado pequena para permitir a passagem de moléculas de água; a distância entre carbonos vizinhos, o lado do hexágono, é apenas de 1,42Å. Na verdade é impermeável a quase tudo. Nem um átomo de hidrogénio consegue difundir através da membrana. Mas a luz e um feixe de electrões conseguem, e estas propriedades já permitiram uma curiosa aplicação do grafeno. Cientistas do Berkeley Lab e da Universidade da Califórnia, criaram uma botija de grafeno, contendo uma gota de água, no campo de um microscópio eletrónico de transmissão e puderam fazer um filme da formação em tempo real de nano-cristais de platina[4].

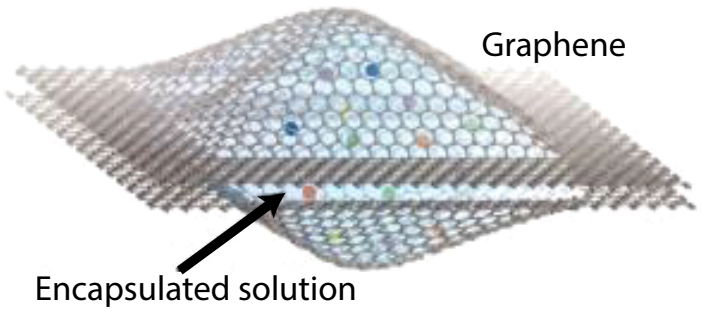


Figura 3 Uma "botija" de grafeno no campo de um microscópio eletrónico permite observar reações químicas em tempo real.

Estas propriedades mecânicas resultam da enorme estabilidade das ligações planares C–C da folha de grafeno e da quase ausência de defeitos nestes cristais; os defeitos reduzem drasticamente a resistência dos materiais.

Mas foram sobretudo as propriedades electrónicas deste material que o tornaram uma estrela da ciência. Se esteve atento(a), terá reparado que na descrição da formação das orbitais sp^2 deixámos de fora uma das

orbitais *p*. Em cada átomo de carbono, com a formação das três orbitais sp^2, sobra uma orbital, aquela em que a densidade de carga eletrónica se concentra na direção perpendicular ao plano de grafeno, a orbital p_z. Cada p_z tem um electrão. A hibridização p_z - p_z dá origem a N / 2 orbitais ligantes e N / 2 orbitais anti-ligantes, em que N é o número total de átomos de carbono; como cada orbital tem dois estados de spin, no estado de mais baixa energia os N electrões ocupam as orbitais ligantes. As N orbitais do cristal têm energias diferentes, formando duas "bandas" quasi-contínuas (N é muito grande); os estados ligantes constituem a banda de valência e os anti-ligantes a banda de condução. Isto não é específico do grafeno; é uma descrição geral da formação dos estados eletrónicos num cristal, a partir de um conjunto de orbitais atómicas. Quando as bandas estão separadas por uma energia finita—um "gap" ou hiato—, o material é um isolador. Os eletrões na banda de valência não podem mover-se, porque todos os estados estão ocupados; é preciso pagar uma energia finita para excitar um electrão para a banda de condução, que pode então mover-se no cristal. O estado vazio da banda de valência também permite movimento de carga. Se as duas bandas se sobrepõem, os eletrões são móveis e o sistema é metálico. Para entender as propriedades eletrónicas do grafeno temos de discutir em mais detalhe a natureza dos estados das bandas de valência e condução.

Em mecânica quântica os estados eletrónicos são ondas; para um eletrão livre, sem forças de atração nucleares, o estado mais simples é uma onda plana, que preenche todo o espaço; o eletrão não tem preferência por nenhum ponto particular, pois não existem variações de energia potencial. Tal onda descreve um eletrão com momento linear de módulo dado pela fórmula de de Broglie, $p = h / \lambda$, e com a direção e sentido de propagação da onda. A energia do eletrão é puramente cinética, $E = mv^2 / 2$ ou $E = p^2 / 2m$.

No grafeno o eletrão não é livre, pois só tem uma orbital disponível em cada átomo de carbono, mas também não tem preferência por qualquer delas. As ondas que descrevem as orbitais ligantes e anti-ligantes são semelhantes a ondas planas, no sentido em que são hibridizações de todas as orbitais p_z do cristal, e, além disso, são caracterizadas por uma grandeza semelhante ao momento linear—momento de Bloch—, que determina como a fase da onda varia de orbital para orbital. Contudo a relação entre a energia do estado e o respetivo momento, chamada relação de dispersão, é muito diferente quer da de um eletrão livre, quer da da maior parte dos materiais (metais, semicondutores ou isoladores):

a. As bandas não se sobrepõem em energia, mas o gap é nulo; o topo da de valência e a base da de condução coincidem. Podemos excitar eletrões da banda de valência para a de condução sem custo de energia. Por esta razão o grafeno é um semi-metal.

b. Próximo da energia onde as bandas se tocam, os estados electrónicos têm a seguinte relação entre energia e momento*:

$$E(p) = \pm v_F p$$

(+ para os estados de condução e – para os de valência; energia medida em relação ao estado em que as bandas se tocam).

Esta dependência linear entre energia e momento é a mesma que a de um fotão. Com efeito, das relações de Einstein, $E = h\upsilon$, e de de Broglie, $p = h / \lambda$ resulta $E(p) = cp$ (para a luz $c = \lambda\upsilon$). Isto significa que para os estados eletrónicos que correspondem a excitações de baixa energia, os eletrões do grafeno são partículas sem massa, que se movem com uma velocidade fixa, v_F, independente da sua energia (v_F é cerca de 300 vezes inferior à velocidade da luz,). O grafeno é afinal um laboratório para estudar efeitos relativistas em duas dimensões, sem qualquer acelerador!

Esta situação, que resulta muito naturalmente do tipo de rede cristalina do grafeno (rede hexagonal e planar), foi uma novidade completa em Física dos materiais, e estimulou muitos trabalhos teóricos, que revelaram surpresa atrás de surpresa, nas propriedades elétricas e óticas deste material[†]. Por exemplo, como foi referido acima, a absorção de luz na gama do visível é quase independente da frequência e tem um valor determinado apenas por constantes fundamentais: a carga do electrão, a constante de Planck e a velocidade da luz. A combinação desta transparência com a capacidade de sustentar correntes eléctricas muito elevadas, como os metais, é outra associação muito invulgar. Se reparar nos espelhos que tem em casa, notará que na face interior do vidro têm uma camada muito fina de metal; ela é suficiente para reflectir quase totalmente a luz incidente; os bons condutores, como a prata, têm uma reflectividade próxima de 100 % em boa parte da gama do visível. Ser transparente e *condutor* é mais uma das características raras do grafeno, que o torna muito promissor como material, seja para ecrans (*displays*)—daí o interesse de especialistas como a Samsung—seja como eléctrodo em células solares.

O grafeno tem a maior razão superfície/volume que um material pode ter: é todo superfície. Adsorve vários tipos de moléculas com facilidade, e a variação das suas propriedades eléctricas com a adsorção de uma única molécula é mensurável: a última palavra em sensores químicos.

Cortando folhas de grafeno em pedaços de dimensões da ordem do nanómetro, criamos nano-partículas, às quais facilmente colamos moléculas que nos interessem. Uma aplicação na área da saúde consiste em usar pequenas folhas de grafeno para levar moléculas fluorescentes até tumores, para permitir a sua localização ótica.

Embora como membrana seja essencialmente impermeável a tudo, é possível perfurar no grafeno—com um feixe de electrões de elevada energia, por exemplo—buracos de dimensão controlável para construir toda a espécie de filtros. Uma aplicação fascinante consiste em passar moléculas de ADN num nanoporo de uma membrana de grafeno. Em princípio, a variação da condutividade iónica através do nano-poro depende das moléculas que o ocupam. No caso de um nanoporo em grafeno, em cada instante, um único par de bases do ADN ocupa o poro, dada a espessura atómica da membrana. A esperança é que seja eventualmente possível saber quais as bases que passam no nanoporo, em cada momento, e por essa via ler a sequência de bases de uma amostra de ADN, com muita rapidez e baixo custo.

Mais recentemente, o interesse dos investigadores tem-se alargado a outros materiais, sejam derivados do grafeno como o óxido de grafeno, sejam outros materiais bi-dimensionais. Um exemplo, vindo do grupo de Manchester, é o de agregados de membranas de óxido de grafeno. Este material é extremamente poroso à água, mas, surpreendentemente, impermeável a qualquer gás, incluindo hélio! Aparentemente, as moléculas de água conseguem escoar em forma de uma mono-camada molecular entre as camadas de grafeno; ou estas mono-camadas bloqueiam a passagem de outas moléculas e átomos, ou, na ausência de água, estes canais estreitam e fecham. Seja como for, moléculas de água difundem através destas membranas 10^{10} vezes mais depressa que átomos de Hélio. Talvez um dia o(a) leitor(a) possa comprar uma garrafa termos com filtros de óxido de grafeno, que possa encher por um lado com água do mar, para beber, já dessalinizada, pelo outro.

Estes exemplos ilustram a comparação feita acima com a descoberta do alicate. A partir de 2004 descobrimos que era possível dispor de um novo tipo de ferramenta: uma membrana, de espessura atómica, diáfana, mas extremamente robusta, e facilmente manipulável, física e quimicamente. Que mais pode um cientista ou engenheiro de materiais querer?

Num artigo, muito acessível, publicado na revista *Nature* em 2012[5], Novoselov, Falko, da Universidade de Lancaster, e investigadores das companhias Texas Instruments, BASF e Samsung, discutem uma extensa lista de aplicações possíveis do grafeno, de materiais dele derivados, ou de outros materiais bi-

dimensionais. A lista inclui a electrónica, a fotónica—fontes, moduladores de luz ou mesmo de radiação no Thz, uma gama do espectro electromagnético tecnologicamente difícil de explorar—, tintas e revestimentos, geração e armazenamento de energia, sensores e aplicações biológicas.

Estas aplicações estão em diferentes estados de desenvolvimento, mas a inovação tem ocorrido a uma tal velocidade, ultrapassando as expectativas mais optimistas, que é seguro prever que não passará muito tempo até vermos produtos no mercado baseados no grafeno. Por outro lado, o potencial é tal, que é também de esperar que a inovação e desenvolvimento de produtos baseados em grafeno e materiais semelhantes vá continuar durante muitos anos.

Termino sugerindo dois artigos de divulgação escritos por alguns dos cientistas que mais contribuíram para o nosso conhecimento deste notável material:

- *Drawing conclusions from Graphene*, de Antonio Castro Neto, Francisco Guinea e Nuno Peres[6];
- *Graphene: Status and Prospects* de Andre Geim[7].

Notas do Autor

* Em rigor, é o "excesso" de momento relativo ao valor para o qual as bandas se tocam.
† Um dos físicos que mais se distinguiu no desenvolvimento da teoria do grafeno foi o português Nuno Peres, docente da Universidade do Minho.

Bibliografia

1. Pauling, L. *The Nature of the Chemical Bond, 3rd edition*. NY : s.n., 1960.
2. Ozyilmaz, Barbaros. *Making graphene 101*, Ozyilmaz' Group. [Online] https://www.youtube.com/watch?v=rphiCdR68TE.
3. Dumé, Belle. *Physics World*. [Online] 2014. http://physicsworld.com/cws/article/news/2008/jul/17/graphene-has-record-breaking-strength.
4. Yarris, Lynn. *Berkeley Lab News Center*. [Online] 2012. http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2012/04/19/.
5. *A Roadmap for Graphene*. K., Novoselov e et. al. 2012, *Nature*, Vol. 490, pp. 192-200.
6. *Drawing conclusions from Graphene*. Castro Neto, A, Guinea, F e Peres, N. 2006, *Physics World*, pp. 33-37.
7. *Graphene: status and prospects*. Geim, A. 2009, *Science*, pp. 1530-1534.

João M. B. Lopes dos Santos
Departamento de Física e Astronomia
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Ação acreditada como Curso de Formação pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com o registo CCPFC/ACC-77695/14, 25 horas correspondentes a 1 crédito, para os grupos de recrutamento 110, 230, 500, 510, 520 e 550.

II Encontro Internacional da Casa das Ciências

Subordinado ao tema **Ensino e Divulgação da Ciência no Mundo Digital do Início do Séc. XXI** vai realizar-se entre 14 e 16 de Julho deste ano, nas instalações do Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto, o II Encontro Internacional da Casa das Ciências.

É organizado, em parceria, pela **Casa das Ciências**, pelo **Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP**, pelo **Centro de Formação Júlio Resende** e pelo **Centro de Formação MaiaTrofa**.

Prevêem-se três dias de intenso trabalho e formação numa temática que está hoje claramente no centro de discussão de formadores, professores e divulgadores da Ciência, se se tiver em linha de conta a profunda evolução tecnológica associada aos processos de comunicação e informação e, sobretudo, à produção e acesso a conteúdos de cariz científico.

Assim sendo, os objetivos fundamentais que se propõem para o conjunto de atividades que constituem o programa do Encontro, passam pela constatação de uma realidade digital, envolvente de todos os segmentos organizativos da sociedade, desde a família à escola onde, de uma forma mais ou menos estruturada, ou desestruturada, o acesso à informação passou a ter custos irrelevantes e, como tal, contribui de forma decisiva para a construção dos saberes de forma universal.

- Saber como adequar o digital à evolução do Sistema de Ensino e vice-versa;
- Compreender como é que a evolução dos conteúdos e metas incorpora o digital;
- Perspetivar a evolução de ferramentas e tecnologias;
- Adequar soluções digitais a contextos e necessidades educacionais e de divulgação;
- Conhecer os caminhos da evolução da própria ciência;

São estes os objetivos que se propõem para esta ação, como contributo para que esta utilização possa ser melhor compreendida e utilizada pelos docentes e outros profissionais, que se nos queiram juntar neste espaço de partilha de conhecimento.

O programa é vasto e variado, com a presença de figuras de reconhecida competência nas respetivas áreas e com uma estrutura que procura rentabilizar o tempo disponível sem que isso se torne demasiado intensivo para os participantes.

São quatro lições plenárias, dois painéis, oito sessões de comunicações orais e um conjunto de mais de 20 *workshops* temáticos, distribuídos em paralelo por duas sessões.

São aceites comunicações orais em português e inglês, bem como em formato poster, devendo os resumos respetivos ser entregues até 31 de Maio de 2014 através do email submissao.2ei@casadasciencias.org.

Manuel Luís Silva Pinto
Subcoordenador da Casa das Ciências

CENTRO DE FORMAÇÃO Júlio Resende

maiatrofa formação

INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

II ENCONTRO
INTERNACIONAL
DA CASA
DAS CIÊNCIAS

casadasciencias.org

ENSINO E DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA NO MUNDO DIGITAL DO INÍCIO DO SÉCULO XXI

Dia 14 / 7

9h00
Receção aos participantes

10h00
Sessão inaugural

11h30
Lição plenária
"As fronteiras da Biologia"
Alexandre Quintanilha

14h00
Comunicações
"A evolução da tecnologia e os processos de ensino / aprendizagem"

16h30
Conclusões

17h00
Workshops temáticos

19h30
Final dos trabalhos do 1.º dia

Dia 15 / 7

9h00
Painel
"O digital no contexto da evolução dos programas e metas educativas"

10h30
Debate

11h30
Lição plenária
Uma viagem cristalográfica
Frederico Sodré Borges

14h30
Painel
"A evolução da Ciência e o ensino elementar"

16h00
Debate

17h00
Workshops temáticos

19h30
Final dos trabalhos do 2.º dia

20h30
Jantar convívio

Dia 16 / 7

9h00
Lição plenária
"Laboratórios remotos"
Gustavo Alves

11h00
Comunicações
"A evolução da tecnologia e os processos de ensino / aprendizagem"

14h30
Conclusões

15h00
Apresentação de *posters*

16h00
Lição plenária
Licenciatura em Ciências: caso da Química
Marco Chaer Nascimento

17h30
Sessão de encerramento

18h30
Entrega dos instr. de avaliação

19h00
Fecho dos trabalhos

Consulte o programa detalhado e inscreva-se na página oficial do II Encontro Internacional da Casa das Ciências.

14 a 16 de Julho de 2014
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Saiba mais Ciência

A Revista de Ciência Elementar publica periodicamente um conjunto de artigos científicos que se enquadram na lógica da Casa das Ciências – Portal Gulbenkian para Professores.

Dirigida em primeira instância a alunos e professores do ensino básico e secundário, existe a preocupação, a exemplo dos outros componentes do portal, de coligir os termos que fazem parte do glossário básico dos programas das áreas científicas. É um acervo que, numa primeira fase deverá em termos acumulados responder à necessidade da clarificação de conceitos dos docentes, sendo esse o objetivo inicial que nos propomos para os primeiros números. A Revista de Ciência Elementar tem acesso livre e todos os artigos publicados são sujeitos a uma avaliação prévia por pares sob a responsabilidade de um editor setorial.

A Revista de Ciência Elementar pretende servir todos os interessados em ciência que usem a língua portuguesa e conta com a colaboração de investigadores, professores e estudantes das nossas Escolas e Universidades para crescer, alargando o seu âmbito a temas mais avançados, sendo desejável que possa abarcar, a prazo, o essencial da ciência elementar que possa servir os estudantes dos primeiros anos do ensino superior. Convidam-se todos os especialistas numa das áreas científicas a registarem-se como colaboradores da Casa e a produzirem os seus artigos.

Todos os artigos alguma vez publicados na Revista de Ciência Elementar ficarão permanentemente disponíveis através da referência completa que identifica cada um, com base no respetivo ISSN e ficam acumulados na base de dados *online* da Revista em rce.casadasciencias.org.

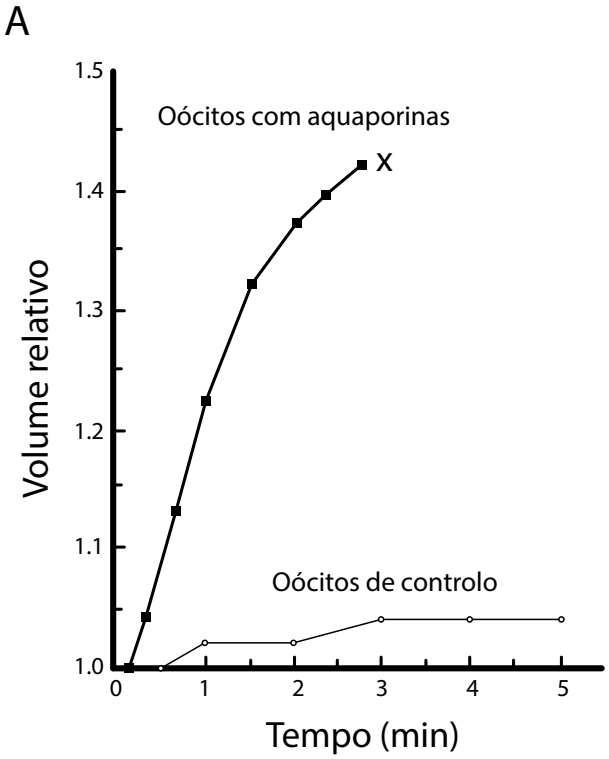
Aquaporinas

As aquaporinas são proteínas de canal de água que aumentam a permeabilidade da bicamada lipídica da membrana celular à água. Apesar do movimento da água através da membrana celular ocorrer diretamente através da bicamada lipídica (difusão simples), em certas células a maior parte da osmose é facilitada por estas proteínas integradas, as aquaporinas (difusão facilitada).[1] Estas proteínas contêm um simples poro, seletivo para a água, que permite a rápida passagem desta molécula pela membrana por difusão facilitada.[2] Cada aquaporina permite a entrada de $3x10^9$ moléculas de água por segundo. Sem estas proteínas, apenas uma pequena fração dessas moléculas de água se difundiria através da mesma área da membrana celular em um segundo.[3]

Em 2003, Peter Agre foi laureado com o Prémio Nobel da Química pela descoberta dos canais de água. A descoberta das aquaporinas ocorreu por puro acaso, em 1988, quando investigava os antigénios dos grupos sanguíneos Rh. O cientista e a sua equipa descobriram que as aquaporinas eram muito abundantes nos glóbulos vermelhos humanos, com cerca de 200000 cópias por célula. Posteriormente, constataram que estas proteínas integradas também eram muito abundantes nas células dos rins humanos. No entanto, nessa altura ainda não compreendiam a sua função e eram denominadas por proteínas CHIP28.[2]

Perante as sugestões de outros cientistas e evidências de alguns estudos, Peter Agre e colaboradores começaram a suspeitar que a proteína CHIP28 era responsável pelo transporte de água e, em 1992, desenvolveram a investigação nesse sentido. Para tal, recorreram a oócitos de rã *Xenopus laevis*, dado que estes oócitos normalmente têm uma baixa permeabilidade à água. Os oócitos do grupo de controlo foram injetados apenas com água e os oócitos do grupo testado foram injetados com RNA responsável pela codificação da proteína CHIP28. Quando os oócitos foram colocados em água destilada, as diferenças entre os dois grupos ocorreram muito rapidamente. Enquanto os oócitos do grupo de controlo pouco aumentaram de volume, os oócitos do grupo testado tornaram-se muito permeáveis à água e sofreram lise celular – figura 1, A e B. Estes resultados mostraram que a proteína CHIP28 era um canal de água. [2,4] A proteína CHIP28 passou a denominar-se aquaporina (das palavras em latim, *aqua* que significa água e *porus* que significa poro).[5,6]

As aquaporinas têm sido descobertas em organismos dos vários reinos da vida, incluindo organismos unicelulares, como bactérias, leveduras e protozoários, e organismos multicelulares, como plantas e animais.[6] Nas plantas, por exemplo, as aquaporinas mais abundantes encontram-se na membrana plasmática e na membrana do vacúolo (tonoplasto).[7] Apesar de não se encontrarem em todas as células e em todos os seres vivos, as aquaporinas desempenham um importante papel e estão presentes nas membranas onde é necessária uma passagem rápida das moléculas de água de modo a que essas células possam desempenhar as suas funções.[6,7] Para além de transportarem água, algumas destas proteínas podem transportar glicerol, contribuindo, por exemplo, para o metabolismo dos lípidos nos mamíferos. Outros estudos também sugerem que podem transportar outras pequenas moléculas e gases, como aminoácidos e dióxido de carbono.[7,8] As aquaporinas desempenham, assim, funções em diversos processos biológicos, como as relações de simbiose nos nódulos das leguminosas e nas micorrizas, nas plantas, e a hidratação da pele, nos mamíferos.[7,8]



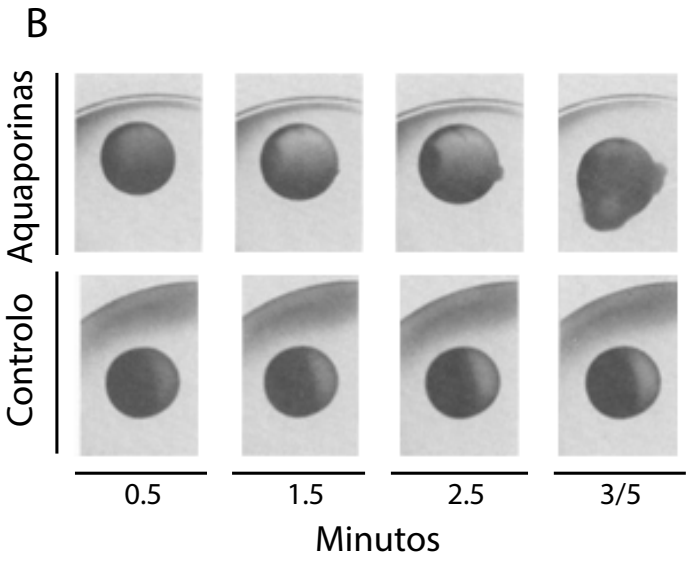


Figura 1 Permeabilidade da membrana celular à água em oócitos de *Xenopus laevis*. **(A)** A lise celular dos oócitos injetados com RNA que codifica a proteína CHIP28 (aquaporina) está representada por (X). **(B)** Fotografias dos oócitos no tempo indicado. (Adaptado de Preston et al., 1992, Fig. 2, p.386)

Referências

1. Agre, P., Preston, G. M., Smith, B. L., Jung, J. S., Raina, S., Moon, C., Guggino, W. B., & Nielson, S. (1993). Aquaporin CHIP: The archetypal molecular channel. *American Journal of Physiology - Renal Physiology*, 265, 463-476.
2. Agre, P. (2004). Aquaporin water channels. *Bioscience Reports*, 24(3), 127-163.
3. Campbell, N., & Reece, J. (2008). *Biology* (8ª ed.). San Francisco: Pearson/ Benjamin Cummings.
4. Preston, G. M., Carroll, T. P., Guggino, W. B., & Agre, P. (1992). Appearance of water channels in Xenopus oocytes expressing red cell CHIP 28 protein. *Science*, 256, 385–387.
5. Agre, P., Sasaki, S., & Chrispeels, J. (1993) Aquaporins: a family of water channel proteins. *American Journal of Physiology - Renal Physiolog*. 265, 461.
6. Benga, G. (2009). Water channel proteins (later called aquaporins) and relatives: Past, present, and future. Life, 61(2), 112-133.
7. Maurel, C., Verdoucq, L., Luu, D.-T., & Santoni, V. (2008) Plant aquaporins: Membran channels with multiple integrated functions. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 595-624.
8. Verkman, A. S. (2011). Aquaporins at a glance. *Journal of Cell Science*, 124, 2107-2112.

Autor

Sílvia Ferreira
Licenciatura em ensino de Biologia e Geologia e Mestrado em Didática das Ciências pela Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa

Editor

Jorge Canhoto
Departamento de Ciências da Vida da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Referência: Ferreira, S. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0058

Embriogénese do anfioxo

O anfioxo é um cordado marinho do sub-filo Cephalochordata, que possui notocórdio permanente e um tubo neural dorsal; não possuem uma cabeça, encéfalo ou olhos diferenciados. Tal como o ouriço do mar, o anfioxo tem fecundação externa e os ovos são isolecíticos.

A embriogénese do anfioxo tem algumas semelhanças com a do ouriço do mar:

» a segmentação é holoblástica (total), formando-se uma blástula com blastocélio (cavidade de segmentação) central

» na gastrulação os blastómeros invaginam na zona do pólo vegetativo, formando um embrião com duas camadas germinativas, a ectoderme e a endoderme (que delimita o arquêntero). O intestino primitivo (ou arquêntero) comunica com o exterior através do blastoporo que irá dar origem ao ânus (a abertura da boca será no pólo oposto). A parede do lado dorsal do arquêntero irá dar origem à mesoderme (o mesoblasto) e ao notocórdio (o cordoblasto). A mesoderme forma-se partir de duas vesículas celómicas do arquêntero e a partir desta formam-se dois folhetos, o parietal e visceral, que delimitam o celoma.

» a organogénese é mais complexa que a do ouriço

do mar. Durante a neurulação, a zona dorsal da ectoderme achata e forma uma placa, a placa neural (figura 2A). A goteira forma-se dos espessamentos laterais da placa neural, cujos bordos se unem e constituem o tubo neural, que se estende ao longo da zona média dorsal do embrião (figura 2B,C). No final da neurulação o embrião, designado por nêurula, continua a sofrer alterações. Ocorre a diferenciação do cordoblasto abaixo da placa neural, dando origem ao notocórdio ou corda dorsal (eixo de suporte paralelo ao tubo neural) que permanecerá durante toda a vida do anfioxo (figura 2D).

Figura 1 Anfioxo *Branchiostoma lanceolatum*. (Fonte: Hans Hillewaert / CC-BY-SA-3.0 , via Wikimedia Commons)

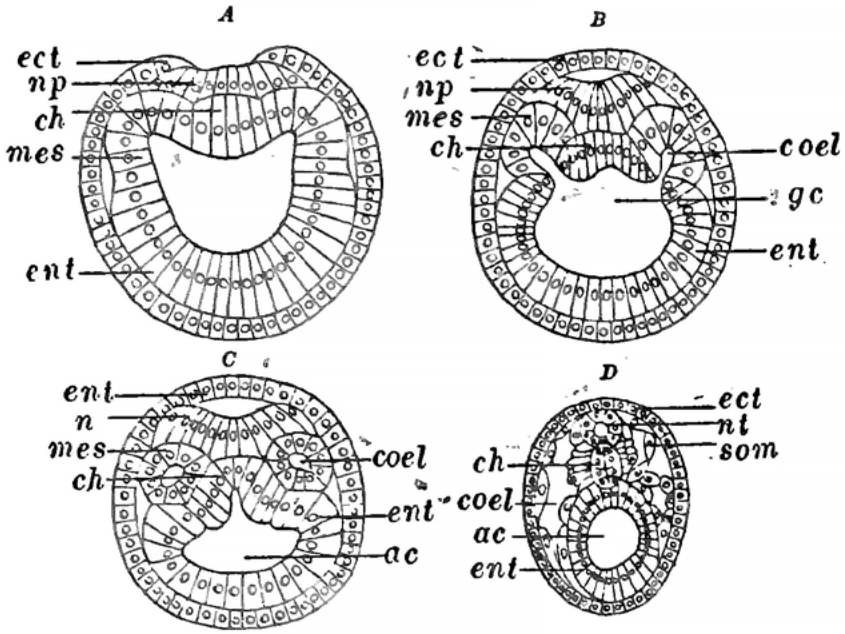


Figura 2 Esquema do corte transversal da larva de anfioxo nos sucesssivos estádios de desenvolvimento. A. Gástrula B. C. D. Nêurula **ect**, ectoderme; **ent**, endoderme; **mes**, mesoderme; **ch**, notocórdio; **np**, placa neural; **gc**, gastrocélio; **ac**, canal alimentar; **coel**, celoma. (Fonte: Edwin Grant Conklin: Facts and factors of development. *The Popular science monthly*, Volume 84, p532. New York, Popular Science Pub. Co., June 1914. Online: archive.org.)

A diferenciação celular continua e o embrião no momento da eclosão tem uma forma alongada e vida livre tal como o adulto – **desenvolvimento direto**.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. O desenvolvimento dos invertebrados em imagens, de Bio-DiTRL.

Aceda à versão *html* deste artigo na página da revista para visualizar conteúdo adicional.

Resumo

- segmentação holoblástica, igual, originando blástula cêntrica;
- gastrulação por migração e invaginação, formando gástrula tridérmica.

Autor

Catarina Moreira
Douturamento em Biologia pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Feijó
Departmento de Biologia Celular e Genética Molecular da Universidade de Maryland, EUA

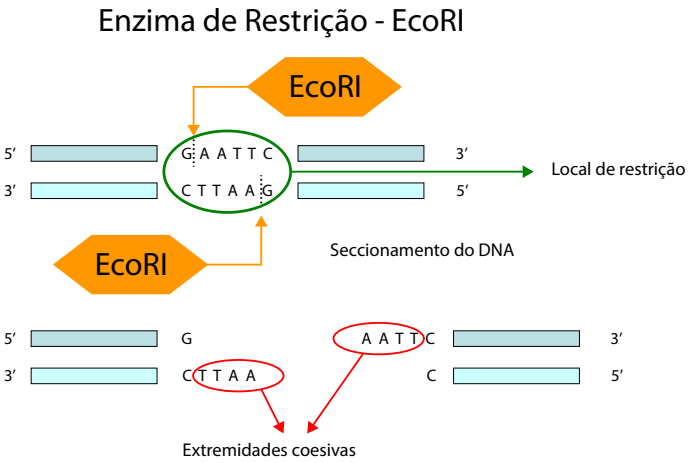
Referência: Moreira, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0059

Enzima de restrição

As **enzimas de restrição** (ou **endonucleases de restrição**) são enzimas que cortam o DNA em locais específicos. As enzimas reconhecem determinadas sequências nucleotídicas do DNA e fragmentam a molécula sempre que identificam essa sequência, produzindo **extremidades coesivas**.

As enzimas de restrição foram descobertas em bactérias que resistiam à infeção dos vírus (bacteriófagos) produzindo enzimas que seccionavam o DNA viral, fragmentando-o em porções inofensivas.

As enzimas atuam quando identificam determinadas sequências específicas – **locais de restrição** – geralmente compostas por 4-6 nucleótidos. As enzimas cortam as ligações entre o grupo hidroxilo 3' de um nucleótido e o grupo fosfato 5' do nucleótido adjacente. As extremidades das cadeias seccionadas – **extremidades coesivas** – quando contactam com outras resultantes da ação da mesma enzima podem emparelhar por complementaridade.



Já foram identificadas várias enzimas de restrição. A tabela seguinte mostra alguns exemplos de enzimas de restrição, as sequências que reconhecem e a bactéria onde a encontraram.

Enzima	Bactéria de origem	Sequência de reconhecimento
EcoRI	*Escherichia coli*	5'GAATTC 3'CTTAAG
BamHI	*Bacillus amyloliquefaciens*	5'GGATCC 3'CCTAGG
TaqI	*Thermus aquaticus*	5'TCGA 3'AGCT
XbaI	*Xanthomonas badrii*	5'TCTAGA 3'AGATCT

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. As bactérias E. coli patogénicas e não patogénicas, de Bio-DiTRL;
2. Laboratório Virtual de Biotecnologia, de Nuno Ribeiro;
3. Extração do DNA, de Diana Lobo;
4. Enzima de restrição EcoR1, de Drew Berry.

◂ **Figura 1** Esquema de funcionamento da enzima de restrição EcoRI.

Autor

Catarina Moreira
Douturamento em Biologia pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Feijó
Departmento de Biologia Celular e Genética Molecular da Universidade de Maryland, EUA

Referência: Moreira, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0060

Fito-hormona

Fito-hormonas ou hormonas vegetais são compostos químicos endógenos que controlam uma grande diversidade de processos fisiológicos e de desenvolvimento das plantas, tais como germinação, enraizamento, floração, amadurecimento dos frutos, formação das folhas, desenvolvimento embrionário e até mesmo a morte celular. Reguladores de crescimento vegetal (do inglês *PGRs = plant growth*

regulators) são compostos químicos com efeitos semelhantes aos induzidos pelas hormonas mas que são aplicados exogenamente.

Nas plantas, o controlo dos processos de desenvolvimento é essencialmente químico, pois as plantas não dispõem de sistema nervoso. Para além disso, a resposta aos estímulos externos é feita mediante alterações no padrão de desenvolvimento ou no metabolismo, ao contrário do que acontece com os animais que podem deslocar-se como resposta a condições adversas. As alterações no padrão de desenvolvimento são mediadas por fito-hormonas produzidas em resposta a fatores ambientais, tais como a disponibilidade de nutrientes, os níveis hídricos do solo, as condições de luz e temperatura, bem como stresses abióticos e/ou bióticos. Os seus níveis e efeitos na planta dependem portanto, não só do seu estádio de desenvolvimento (fatores intrínsecos), como também da estação do ano e das condições ambientais (fatores extrínsecos). Contrariamente às hormonas animais, as fito-hormonas não são sintetizadas em glândulas específicas. Por exemplo, as **auxinas** podem ser produzidas em células embrionárias ou em células meristemáticas. Para poderem cumprir a sua função de controlo, as hormonas têm que se ligar a recetores nas células-alvo, localizados em membranas, no citoplasma ou mesmo no núcleo, sendo eficazes em concentrações relativamente baixas. Os principais grupos de substâncias que funcionam como fito-hormonas (**figura 1**) são as **auxinas**, as **citocininas**, o **etileno**, as **giberelinas** e o **ácido abscísico**. No entanto, outros compostos com papéis importantes no controlo do desenvolvimento das plantas têm sido descobertos, considerando-se atualmente como fito-hormonas outros compostos como o ácido salicílico, os brassinosteróides, os jasmonatos, as poliaminas e o florígeno.

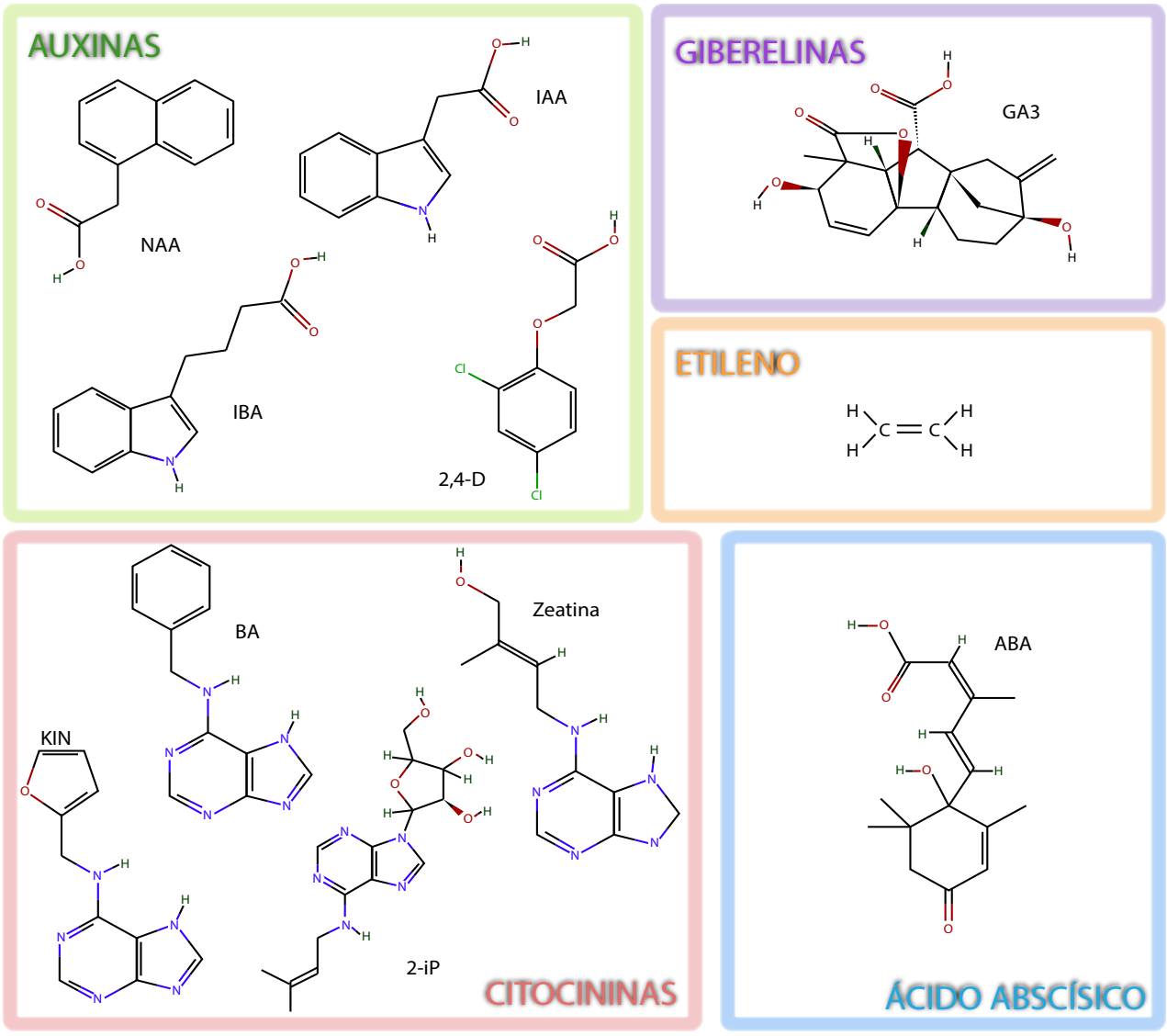


Figura 1 Principais grupos de fito-hormonas.

Algumas hormonas ou PGRs têm aplicações muito importantes, quer em termos agrícolas quer no estudo de mecanismos de desenvolvimento das plantas. Por exemplo, as auxinas são muito importantes na indústria de propagação de plantas, permitindo o enraizamento de rebentos caulinares e, deste modo, a clonagem de plantas de interesse. Outro exemplo são as giberelinas, que aplicadas a plantas da cana-do-açúcar (*Saccharum officinarum*) permitem o alongamento do caule e o aumento da produção. Um regulador de crescimento muito interessante é o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), um composto com atividade auxínica, que quando aplicado em concentrações elevadas funciona como um herbicida, mas a baixas concentrações estimula divisões celulares em culturas realizadas em laboratório e a formação de embriões somáticos, um tipo de embriões usado na clonagem de plantas.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. Simulador de desenvolvimento de plantas virtuais, de Cândido Pereira.

Referências

1. Evert, R. F. e Eichhorn, S. E. (2013) Raven Biology of Plants. W. H. Freeman and Company Publichers, NY.
2. http://www.plant-hormones.info/
3. http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/

Autor

Sandra Correia
Doutoramento em Biologia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Editor

Jorge Canhoto
Departamento de Ciências da Vida da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Referência: Correia, S. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0061

Membrana celular

A membrana celular é a fronteira biológica que delimita o perímetro da célula, separando o meio intracelular do extracelular.
A membrana celular, que envolve todas as células, não é totalmente impermeável, constituindo uma barreira seletiva que permite a troca de algumas substâncias entre o exterior e interior. Nas células eucarióticas permite também o suporte do citoesqueleto que dá forma à célula, e a ligação à matriz extracelular/parede e outras células permitindo a formação de tecidos.
O isolamento de membranas plasmáticas através de técnicas especiais permitiu identificar os seus constituintes. As membranas podem-se considerar complexos lipoproteícos, constituídos por proteínas, lípidos e glícidos, variando em quantidade de célula para célula.

- proteínas: de composição e funções diversas, as proteínas membranares podem ter funções estruturais, intervir no transporte de substâncias através da membrana, ou atuar como recetores de sinais moleculares (por exemplo, de hormonas).
- lípidos: maioritariamente fosfolípidos (lípidos complexos associados a um grupo fosfato, com uma extremidade hidrofóbica – polar e outra hidrófila – apolar), e em menor quantidade colestererol e glicolípidos (lípidos associados a glícidos).
- glícidos: situam-se no lado externo da membrana e são importantes no reconhecimento de substâncias por parte da célula.

Modelos de estrutura da membrana plasmática

A organização estrutural da membrana é bastante complexa, razão pela qual ao longo do tempo têm surgido vários modelos explicativos. Nageli e Cramer, em 1885, descobriram que as células possuem uma membrana que as envolve. Mais tarde, a descoberta dos lípidos como um dos seus principais constituintes devem-se às experiências de Overton, em 1899, que observou que a velocidade de penetração de uma substância na célula dependia da sua solubilidade em lípidos: quanto mais solúvel, mais rápido o atravessamento da membrana.
O primeiro modelo estrutural a ser proposto foi o da **bicamada fosfolipídica**, em 1925, por E. Gorter e R. Grendel. Os dois cientistas propunham que a membrana celular seria composta por duas camadas de fosfolípidos cujas extremidades

apolares hidrofóbicas estariam voltadas para o interior da membrana e as extremidades polares, hidrófilas estariam voltadas para o exterior (ver figura 1), contactando com o meio interno e externo da célula.

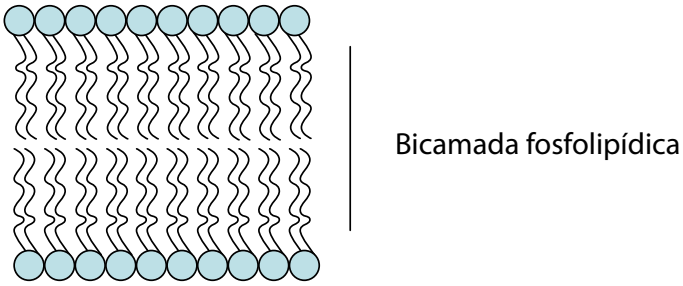


Figura 1 Modelo da bicamada fosfolipídica

Este modelo foi revisto por Davson e Danielli, em 1935, que baseados em estudos de permeabilidade e de tensão superficial da membrana propuseram uma estrutura um pouco mais complexa (ver figura 2). A bicamada fosfolipídica seria revestida, externa e internamente, por uma camada proteica associada às extremidades polares hidrófilas dos fosfolípidos. A bicamada fosfolipídica teria interrupções – **poros** – revestidos internamente por proteínas que permitiam a passagem de substâncias polares através da membrana e as não polares atravessariam a bicamada diretamente.

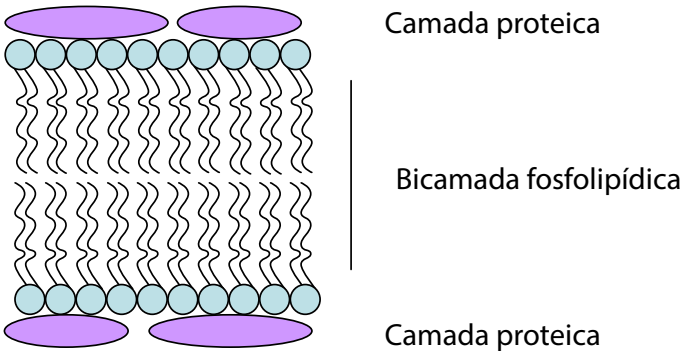


Figura 2 Modelo de Davson e Danielli

À medida que avançaram os estudos sobre a estrutura membranar, alguns dados não corroboraram o modelo de Davson e Danielli. Análises quantitativas aos constituintes membranares revelaram que as proteínas não existiam em quantidade suficiente para cobrir toda a superfície da camada fosfolipídica. Para além disso observaram que as proteínas alteravam a sua posição, evidenciando um comportamento dinâmico da organização membranar.

Surge então o **modelo de mosaico fluido** de Singer e Nicholson, em 1972. Este modelo admite uma estrutura membranar não rígida, permitindo uma fluidez das suas moléculas. Os fosfolípidos não estão estáticos nas camadas, podendo mover-se lateralmente trocando de posição com outros fosfolípidos na mesma camada e, ocasionalmente, sofrendo transversões (do inglês "*flip-flop*") de uma camada para a outra.

O modelo considera a existência de dois grandes grupos de proteínas: as integradas e as periféricas. As **proteínas periféricas ou extrínsecas** são definidas como proteínas que se dissociam da membrana após tratamentos com reagentes polares que não destroem a bicamada. Estas proteínas não estão inseridas na parte hidrofóbica interior dos lípidos, mas associadas às membranas por interações proteína-proteína através de ligações eletrostáticas fracas. As **proteínas integradas ou intrínsecas**, pelo contrário só podem ser dissociadas da membrana por disrupção da bicamada lipídica. Estas proteínas estão associadas às zona hidrofóbicas da camada fosfolipídica, podendo mesmo atravessar a membrana de um lado ao outro (**proteínas transmembranares**). Estas últimas têm propriedades anfipáticas como os fosfolípidos, isto é, possuem partes hidrófilas e hidrofóbicas.

As porções extracelulares das proteínas membranares estão geralmente associadas a glícidos – **glicoproteínas**, e as porções de carbohidratos dos **glicolípidos** (glícidos associados a lípidos) estão ambas, geralmente, expostas também no lado extracelular da membrana, formando o **glicocálix**. Esta camada na superfície celular de glicolípidos e glicoproteínas transmembranares, protege a célula e facilita várias interações entre células, como por exemplo, o reconhecimento de substâncias por parte da célula.

A passagem de substâncias através da membrana celular não ocorre sempre da mesma forma, dependendo do tipo de substância, uma vez que uma das propriedades da membrana é a permeabilidade seletiva. Em alguns casos as substâncias podem atravessar a membrana sem a intervenção específica de moléculas transportadoras – **transporte não mediado** (osmose e difusão simples), enquanto que noutros casos são as proteínas membranares que facilitam esse transporte – **transporte mediado** (transporte ativo e difusão facilitada).

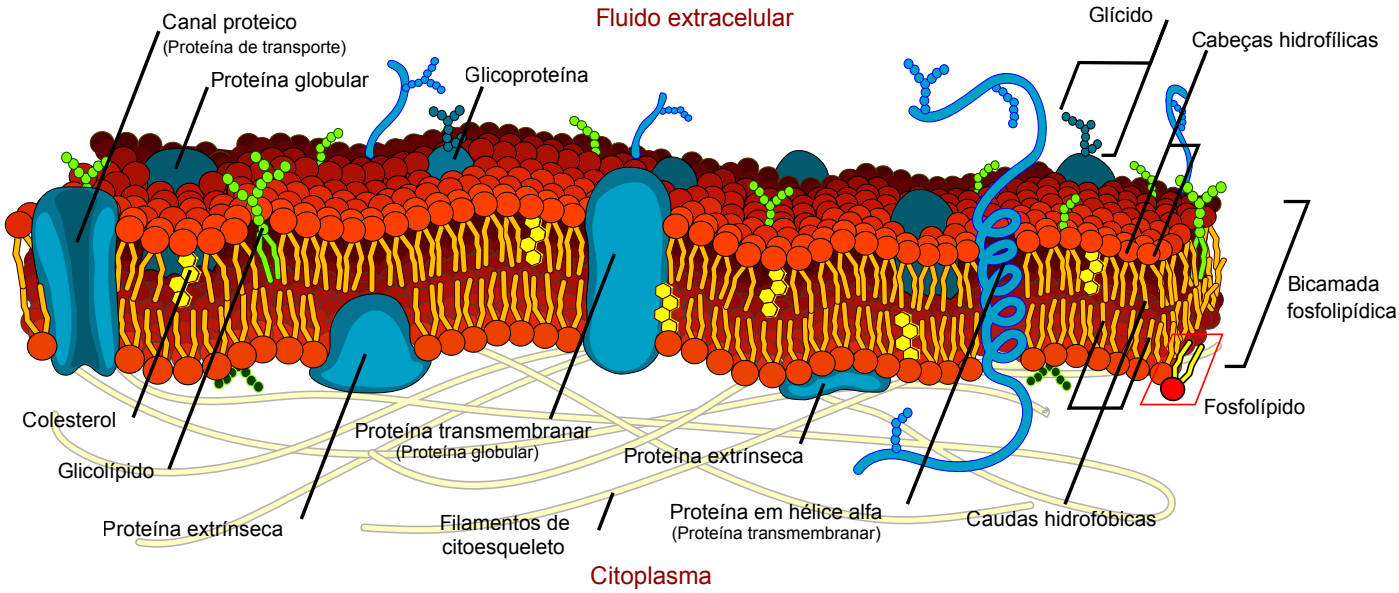


Figura 3 Modelo de mosaico fluído

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. Técnicas de estudo dos canais iónicos, de Donald F. Slish;
2. Via de transdução de sinal: a proteína Ras, de Donald F. Slish;
3. Endocitose mediada por recetores, de Donald F. Slish;

Autor

Catarina Moreira
Douturamento em Biologia pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Feijó
Departmento de Biologia Celular e Genética Molecular da Universidade de Maryland, EUA

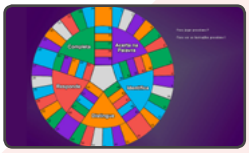
Referência: Moreira, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0062

casa das ciências

Nomeados para os Prémios 2014

Fundação Calouste Gulbenkian
Dia 19 de Maio às 15h00

À descoberta da água no Parque das Nações
Bento Cavadas

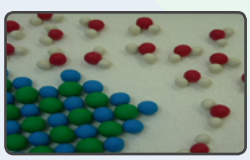

Jogo BioTrivial
Marina Maciel

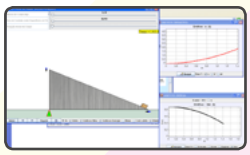
Triângulo de Pascal e Binómio de Newton
Maria J. Vaz da Costa

Sistema urinário
M. Faria, A. Rodrigues, L. Araújo

Borboletas da floresta amarela
Xana Pinto, Rita Campos

Reprodução nas plantas
Marina Maciel


Dissolução do sal em água
A. Coelho, A. Lima, M. Graça, M. Neta, S. Neves


AEV Plano inclinado
Marcelo Rodrigues, Paulo S. Carvalho

Diversidade microbiana
Diana Lobo

Metabolismo energético
Antónia Ribeiro, José Augusto Santos

Campo elétrico

O campo elétrico é uma realidade física com origem em cargas elétricas ou em variações temporais de um campo magnético. No que se segue, apenas será discutido o campo elétrico com origem em cargas estacionárias.

Quando um corpo eletricamente carregado é colocado na região do espaço onde existe um campo elétrico criado por um conjunto de cargas estacionárias, esse corpo fica sujeito à ação de uma força elétrica. Considere-se que num ponto do espaço onde existe um campo elétrico se coloca uma partícula carregada positivamente, mas cujo valor é muito pequeno, designada por carga de teste. Esta condição garante que a carga de prova ou de teste não influencia significativamente a distribuição de cargas que cria o campo elétrico. Por definição, o campo elétrico num ponto do espaço é igual à força elétrica que atua por unidade de carga positiva colocada nesse ponto, no limite em que o valor da carga tende para zero:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

Por simplicidade, iniciaremos a discussão do campo elétrico criado por uma única carga pontual, Q, colocada na origem de um referencial. Para caraterizar o campo produzido pela carga Q, utiliza-se uma carga de prova q. A força elétrica que atua na carga de prova, quando esta se encontra na posição definida pelo vetor de posição $\vec{r}$, é dada pela lei de Coulomb, que pode ser formulada matematicamente do seguinte modo:

$$\vec{F} = K\frac{Qq}{r^2}\hat{r}.$$

Utilizando a definição operacional apresentada anteriormente, o campo elétrico criado pela carga pontual Q, num ponto na posição $\vec{r}$, é:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = K\frac{Q}{r^2}\hat{r}.$$

sendo $\hat{r}$ o versor da direção definida pelo vetor $\vec{r}$.

Da expressão anterior podemos concluir que o campo elétrico criado por uma carga pontual é radial, decai com o quadrado da distância entre o ponto considerado e a carga criadora de campo, pelo que a sua intensidade é igual em todos os pontos à mesma distância da carga criadora de campo. O campo elétrico é centrípeto se a carga criadora for negativa, e centrífugo se a carga for positiva.

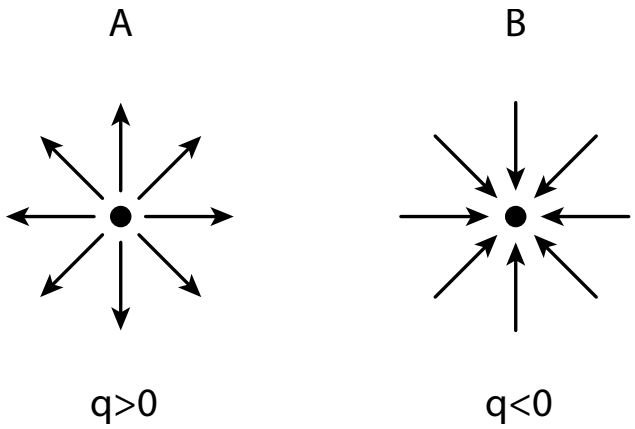


Figura 1 (**A**) Campo elétrico criado por uma carga positiva. (**B**) Campo elétrico criado por uma carga negativa.

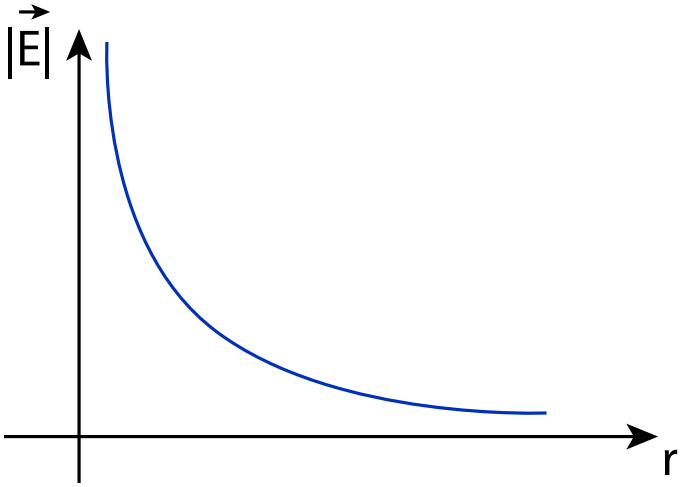


Figura 2 Dependência do módulo do campo elétrico criado por uma carga pontual na distância à fonte.

A força de Coulomb obedece ao princípio da sobreposição; isto é, a força que várias cargas exercem sobre uma carga q é igual à soma vetorial das forças individuais que cada carga do conjunto exerce sobre q. De acordo com a definição operacional, o campo elétrico também obedece ao princípio da sobreposição. Matematicamente, o campo criado por um conjunto de n cargas pontuais é dado por:

$$\vec{E}_{total} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n .$$

A expressão matemática que descreve o campo elétrico criado por uma distribuição contínua de carga é mais complexa do que esta. Contudo, as ideias de base envolvem o princípio da sobreposição de campos criados por elementos de carga da distribuição.
No sistema internacional de unidades, o campo elétrico pode ser expresso newton por coulomb (N/C) ou volt por metro (V/m). A unidade recomendada é o volt por metro. 1 V/m é a intensidade de um campo elétrico uniforme tal que a diferença de potencial entre duas superfícies equipotenciais separadas de 1 m, é 1 V.

Linhas de Campo

Uma maneira útil de representar graficamente o campo elétrico é através de linhas imaginárias, paralelas ao vetor campo elétrico em todos os pontos. Estas linhas têm o nome de linhas de campo. A representação de um campo elétrico por linhas de campo permite visualizar a direção e sentido do campo elétrico em cada ponto do espaço, e permite comparar a intensidade do campo elétrico em duas regiões do espaço distintas. Ao representar-se um campo elétrico através das linhas de campo, a sua densidade espacial deve ser proporcional à intensidade do campo elétrico: em zonas onde o campo elétrico é mais intenso, as linhas devem estar mais próximas umas das outras. Para além disso, as linhas nunca se podem cruzar porque nesse caso haveria uma ambiguidade na determinação do vetor campo elétrico nesse ponto (ver figura 4).

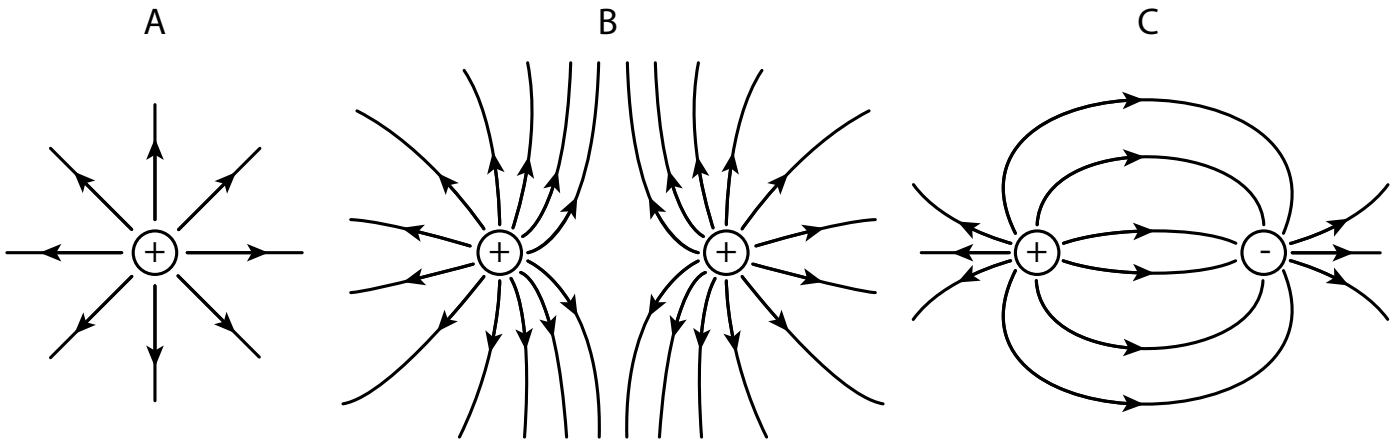


Figura 3 (**A**) Carga pontual positiva. As linhas estendem-se até ao infinito e têm a mesma direção e sentido do vetor campo elétrico em todos os pontos do espaço. (**B**) Duas carga pontuais positivas. As linhas de campo não existem onde o campo é nulo. (**C**) Cargas pontuais de sinais opostos. As linhas de campo começam na carga positiva e terminam na negativa.

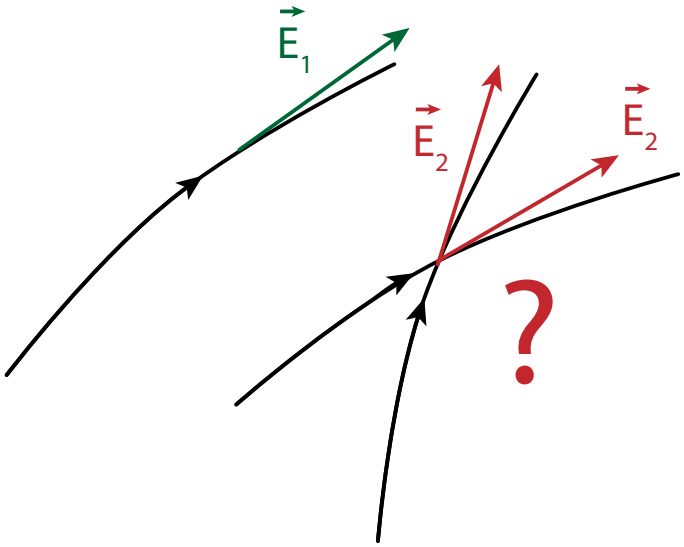


Figura 4 $\vec{E_1}$ está bem definido: é o único vetor tangente à linha de campo naquele ponto. Não é possível definir o vetor $\vec{E_2}$ porque no ponto em questão as linhas de campo se cruzam.

Campo Elétrico em Condutores

Um material condutor carateriza-se por ter cargas elétricas que se podem mover sob a ação de um campo elétrico aplicado, dando origem a uma corrente elétrica. Diz-se que um condutor está em equilíbrio eletrostático quando não há movimento organizado de carga, mesmo na presença de um campo elétrico externo.
No interior de materiais condutores em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo. De facto, enquanto o campo elétrico não for nulo no interior do condutor, haverá movimento organizado de carga no sentido de o anular. Por exemplo, quando um condutor é colocado num campo elétrico externo, as cargas livres tendem a reorganizar-se de maneira a anular o campo elétrico no interior do condutor criando um outro campo elétrico de intensidade igual

e sentido oposto ao campo elétrico externo. De acordo com o princípio da sobreposição, na região interna do condutor os campos somam-se vetorialmente e o resultado é um campo nulo.

Uma vez que o campo elétrico no interior do condutor é nulo, o seu volume e superfície encontram-se ao mesmo potencial elétrico.

O campo elétrico na superfície de um material condutor em equilíbrio eletrostático, é perpendicular a essa superfície. A condição de se considerar uma situação eletrostática é fundamental para se compreender a razão pela qual o campo só pode ser perpendicular. Se o campo não fosse perpendicular, isto é, se fosse possível decompor o campo numa componente paralela à superfície do condutor, haveria um movimento de cargas na superfície, o que contradiz a condição de equilíbrio eletrostático.

É possível provar que o excesso de carga elétrica num condutor em equilíbrio eletrostático se encontra distribuída na sua superfície externa. Quer isto dizer que não há carga livre no interior do condutor.

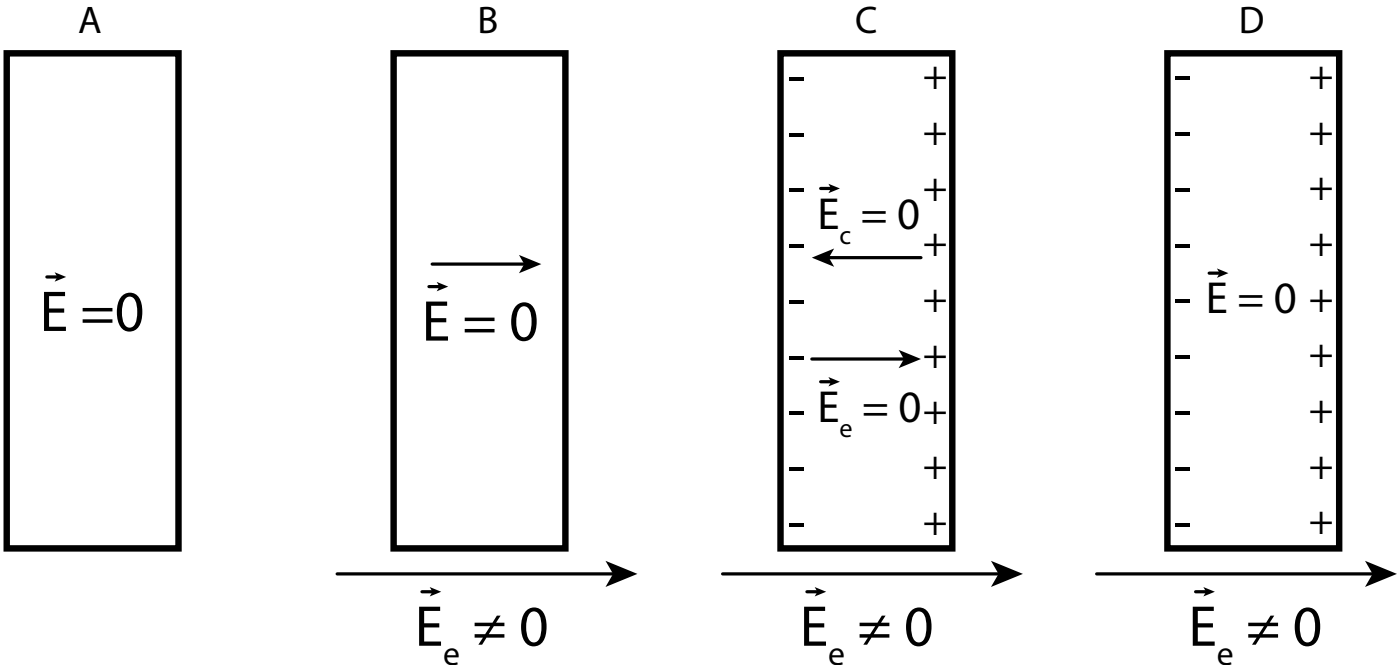


Figura 5 (**A**) Condutor em equilíbrio eletroestático. (**B**) Liga-se um campo elétrico externo $\vec{E_e}$ e passa a haver campo no interior do condutor. (**C**) As cargas reorganizam-se e criam um campo $\vec{E_c}$. (**D**) O movimento de cargas pára quando o campo elétrico que criam tem o mesmo valor que o campo elétrico exterior e o anula no interior do condutor.

Blindagem eletrostática

Um material condutor, que envolve por completo uma dada região do espaço (cavidade) é capaz de a isolar da influência de campos elétricos exteriores. Prova-se que o campo elétrico no interior de uma cavidade vazia de um condutor é nulo. Imagine-se que assim não é. Isso significa que no interior da cavidade podemos traçar linhas de campo com origem num ponto da superfície da cavidade para outro. Consideremos um percurso fechado que é contituído por uma das linhas de campo na cavidade e por um percurso totalmente inserido np condutor. Uma vez que o campo elétrico é conservativo e o campo elétrico no interior do condutor é nulo, a existência de linhas de campo na cavidade permite concluir que o trabalho realizado para transportar uma carga no percuro fechado definido atrás não é nulo. Assim sendo, o campo elétrico deve ser nulo na cavidade vazia do condutor. Para que isso aconteça, as cargas no condutor reorganizam-se de modo a anular o campo elétrico externo.

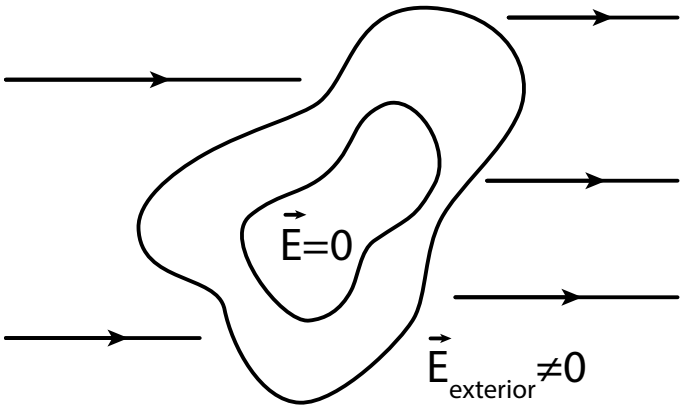


Figura 6 O campo elétrico numa cavidade de um condutor é independente do campo elétrico no seu exterior.

Descontinuidade do campo elétrico numa superfície eletricamente carregada

Considere-se uma superfície eletricamente carregada. O vetor campo elétrico num ponto dessa superfície pode ser decomposto numa componente perpendicular e numa componente paralela à superfície condutora. É possível mostrar que a componente perpendicular à superfície condutora é descontínua, enquanto que a componente paralela é contínua. Isto quer dizer que se se medir o campo elétrico nos dois lados da uma superfície carregada, o valor da componente normal é diferente, e a sua diferença é uma constante que se relaciona com a densidade superficial de carga da superfície. De facto, é possível mostrar que $\Delta\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, em que $\boldsymbol{\sigma}$ é a densidade superficial de carga.

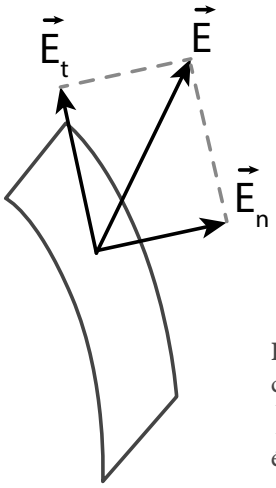


Figura 7 Decomposição do vetor campo elétrico em duas componentes: $\vec{E}_n$ é perpendicular à superfície e $\vec{E}_t$ é paralela.

Exemplos de campos elétricos

1. Campo elétrico criado por uma esfera maciça de raio R, carregada uniformemente com carga Q:

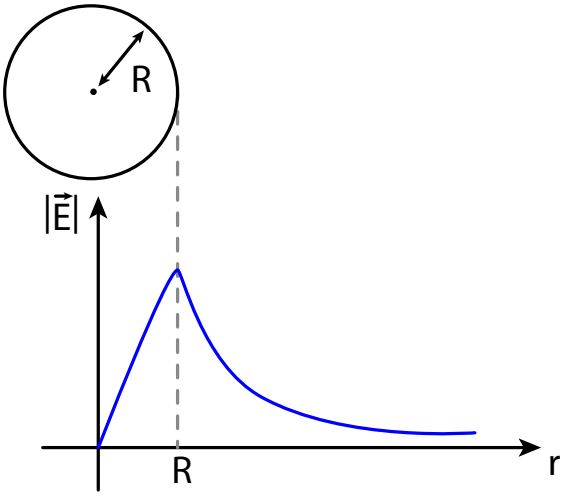


Figura 8 Campo elétrico criado por uma esfera maciça carregada com carga Q.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qr}{R^3}\hat{r}, \text{ para r < R.}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}, \text{ para r > R.}$$

2. Campo elétrico criado por uma superfície esférica de raio R uniformemente carregada, com carga Q, fora da esfera:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}, \text{ para r > R.}$$

3. Campo elétrico produzido por um filamento retilíneo de comprimento ilimitado, com densidade linear de carga constante $\boldsymbol{\lambda}$:

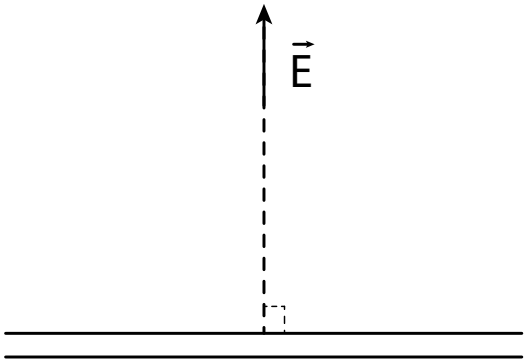


Figura 9 Campo elétrico criado por um filamento muito comprido.

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 y^2}\hat{y}$$

4. Campo elétrico criado por um plano infinito com densidade superficial de carga $\boldsymbol{\sigma}$:

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{n},$$

em que $\hat{n}$ é o versor que aponta na direção perpendicular ao plano.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. Campo eletrostático 3D, de Paul Falstad;
2. Campo eletrostático 2D (versão 1), de Paul Falstad;
3. Campo eletrostático 2D (versão 2), de Paul Falstad;
4. Cargas em movimento e campos, de Thomas Fleisch;
5. Campos elétricos, de Teresa Martín e Ana Serrano;
6. Linhas de campo elétrico, de Gilbert Gastebois.

Leitura recomendada
1. Alonso, M. e Finn, E. J., Física, Addison Wesley, 1999;
2. Purcell, E. M., *Electricity and Magnetism*, McGraw Hill, 1985;
3. Brito, L., Fiolhais, M. e Providência, C., *Campo Electromagnético*, McGraw Hill, 1999.

Autor
Miguel Ferreira
Licenciatura em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor
Joaquim Agostinho Moreira
Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ferreira, M. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0063

Capacidade e condensadores

Quando um condutor se encontra eletricamente carregado e em equilíbrio eletrostático, este cria um campo elétrico não nulo no seu exterior e nulo no seu interior, e o seu volume e superfície encontram-se ao mesmo potencial elétrico. Prova-se que o potencial elétrico do condutor é diretamente proporcional à carga nele contida[1]. À constante de proporcionalidade entre a carga e o potencial elétrico designa-se por capacidade. A capacidade de um condutor isolado é a carga contida no condutor por unidade de potencial elétrico[1]:

$$C = \frac{Q}{V}$$

A capacidade é uma grandeza que só depende da geometria do condutor. Por exemplo, a capacidade de uma esfera condutora é $4\pi\varepsilon_0 R$, sendo $\boldsymbol{\varepsilon_o}$ permitividade elétrica do vazio e $\boldsymbol{R}$ o raio da esfera condutora. A unidade SI de capacidade é o farad (F): 1 F é a capacidade de um condutor que estando ao potencial e 1 V está carregado com 1 C.

Condensadores e capacidade do condensador

Consideremos um sistema formado por dois condutores eletricamente carregados, com cargas simétricas. A disposição e geometria dos condutores é tal que toda a linha de campo que parte de um deles chega ao outro. Este tipo de arranjo espacial de condutores designa-se por **geometria de influência total**, e ao sistema de condutores por **condensador**. Um condensador é utilizado para armazenar carga elétrica em circuitos elétricos. A quantidade de carga elétrica armazenada é diretamente proporcional à diferença de potencial dos condutores que formam o condensador:

$$C = \frac{Q}{\Delta V},$$

sendo $\boldsymbol{Q}$ o módulo da carga existente num dos condutores, e $\boldsymbol{\Delta V}$ a diferença de potencial entre os condutores.
Como exemplos podemos considerar:

- O **condensador plano** é constituído por duas placas condutoras planas e paralelas entre si, de área $\boldsymbol{S}$ e distanciadas de $\boldsymbol{d}$. Mostra-se que o campo elétrico na região central do espaço entre as placas pode considerar-se uniforme. Contudo, na região periférica entre as placas o campo elétrico não é uniforme - efeito de bordo. Desprezando o efeito de bordo, a capacidade do condensador plano é $C = \frac{S\varepsilon_0}{d}$.

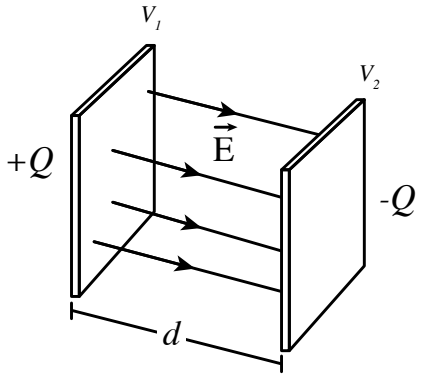


Figura 1 Condensador plano.

- O **condensador cilíndrico** é constituído por um condutor cilíndrico coaxial com uma superfície condutora, cuja capacidade, por unidade de comprimento é

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(a/b)}$$

em que ***a*** e ***b*** são os raios do cilindro interior e exterior respetivamente.

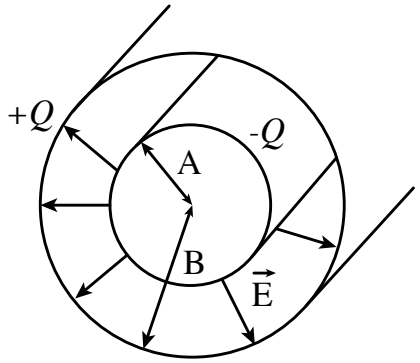


Figura 2 Condensador cilíndrico.

- O **condensador esférico** é constituído por uma esfera condutora centrada na cavidade esférica de outro condutor, cuja capacidade é

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}$$

em que ***a*** e ***b*** são os raios da esfera interior e exterior respetivamente.

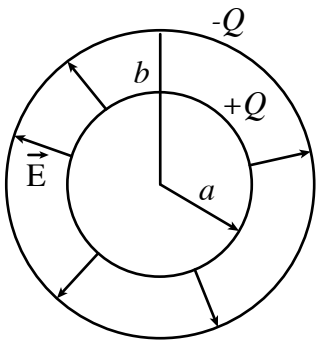


Figura 3 Condensador esférico.

A capacidade dos condensadores utilizados nos circuitos eletrónicos toma valores que são submúltiplos do farad; em geral, temos condensadores de picofarad (1 pF=10^{-12} F) , nanofarad (1 nF = 10^{-9} F) e microfarad (1 μF=10^{-6} F).

Para carregar um condensador, é preciso que uma fonte de força eletromotriz, ligada no circuito que contém o condensador, realize trabalho contra as forças de campo elétrico para transportar carga elétrica para cada um dos condutores do condensador. A energia gasta neste processo fica armazenada no sistema sob a forma de energia potencial elétrica que pode ser utilizada posteriormente. A energia contida num condensador, cuja carga é Q e a diferença de potencial entre os condutores é ΔV, é dada por[1]:

$$E = \frac{1}{2} Q \Delta V$$

Que pode ser reescrita à custa da capacidade do sistema nas seguintes formas:

$$E = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Efeito da introdução de um dielétrico num condensador

Um isolador ou dielétrico inserido entre os condutores de um condensador, permite que o sistema possa armazenar a mesma carga elétrica mas a uma diferença de potencial inferior, aumentando, deste modo, a capacidade do condensador. O aumento da capacidade do condensador com dielétrico depende da natureza do dielétrico, que é caraterizada pela sua permitividade elétrica ε. Deste modo, sendo C_0 a capacidade do condensador sem dielétrico, a capacidade do condensador, com a mesma geometria mas preenchido por um dielétrico de permitividade ε é: $C = \varepsilon C_0$.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. Condensadores planos, de Manuela Assis e Maria Carvalhal;
2. Oscilações elétricas num condensador, de Isabelle Tarride;
3. Carga e descarga de um condensador, de Isabelle Tarride;
4. Carga e descarga de um condensador II, de Isabelle Tarride.

Referências

1. The Feynmann Lectures on Physics. R. Feynmann, R. Leighton, and M. Sands. Addison-Wesley Publishing Company. 1964.

Autor

Miguel Ferreira
Licenciatura em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Joaquim Agostinho Moreira
Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ferreira, M. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0064

Anders Celsius

Figura 1 Anders Celsius (1701 - 1744)

Anders Celsius (1701 – 1744) foi um astrónomo sueco que inventou a escala de temperatura que leva o seu nome. Mas também ficou conhecido por ser a primeira pessoa a estabelecer uma ligação entre o fenómeno atmosférico conhecido como aurora boreal e o campo magnético da Terra, tendo publicado esses estudos em 1733.

Celsius nasceu a 27 de novembro de 1701, em Uppsala, na Suécia. O seu pai e o seu avô eram professores universitários de astronomia e matemática, respetivamente. Por isso, parecia tão-somente natural para o jovem Celsius embarcar numa carreira similar. Ele estudou na Universidade de Uppsala e foi eleito secretário da Sociedade Científica de Uppsala, em 1725. Cinco anos mais tarde, sucedeu ao seu pai na cátedra de astronomia da universidade. Tal como era habitual naquele período, Celsius logo embarcou numa viagem pela Europa com o objetivo de ganhar uma ampla formação científica, experiência prática e familiaridade com outros cientistas proeminentes.

Celsius notou que sempre que a aurora boreal era vista no céu noturno, ocorriam significativas flutuações magnéticas. Mais tarde outros investigadores expandiram as observações de Celsius e hoje verifica-se que a aurora boreal está relacionada com a interação de átomos na atmosfera superior da Terra com partículas carregadas associadas ao vento solar. As partículas carregadas seguem as linhas do campo magnético do planeta e descem em direção aos polos magnéticos.

Mais tarde na sua viagem pela Europa, Celsius visitou centros científicos de toda a Itália, bem como em Paris e Londres. Em Paris, conheceu o astrónomo Pierre Louis de Maupertuis (1698 – 1759). O astrónomo francês apoiava a teoria de Isaac Newton (1643 – 1727) de que o formato da Terra era alargado no equador e ligeiramente achatado nos polos, numa época em que grande parte da comunidade científica acreditava na visão alternativa proposta por René Descartes (1596 – 1650). Maupertuis decidiu liderar uma expedição que iria resolver definitivamente a questão. Assim, convidou Celsius para se juntar à expedição, que começou em 1736, e levou o grupo ao longo da região norte da Suécia. Quando as medições foram comparadas com as de um grupo de cientistas numa expedição à linha do equador, a teoria de Newton foi comprovada. O envolvimento de Celsius no projeto rendeu-lhe um reconhecimento significativo e, no seu regresso a Uppsala, foi-lhe concedida a autoridade e recursos financeiros para criar naquele local um observatório astronómico moderno, cuja construção terminou em 1741.

Além das suas observações da aurora boreal, Celsius realizou diversos estudos astronómicos. Desenvolveu um método fotométrico de medir a intensidade da radiação das estrelas e catalogou os resultados que obteve para centenas de estrelas. Também manteve registos meteorológicos, porém, estava descontente com a imprecisão dos termómetros em uso na época. Celsius concebeu uma escala de temperatura centígrada para utilizar em termómetros de mercúrio que fixava o ponto de ebulição da água (à pressão atmosférica) como o zero da escala e o ponto de congelação da água aos 100 graus. Ele descreveu a nova escala à Academia Sueca de Ciências, em 1742. Celsius morreu pouco tempo depois, em 1744, e Carl Linnaeus (1707 – 1778) sugeriu a inversão da escala centígrada (fazendo com que os zero graus fossem no ponto de congelação e os 100 graus no ponto de ebulição da água) e é desta forma que esta continua a

ser utilizada ainda hoje. Desde 1948, essa escala tem sido mais comumente referida como a escala Celsius, em honra ao seu autor.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. Escalas de Temperatura, de Vladimir Vaščák.

Referências

1. *The New Encyclopædia Britannica*, Vol. II, 15th Edition, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc., 1975, p. 674, ISBN: 0-85229-297-X;
2. National High Magnetic Field Laboratory: Anders Celsius, consultado em 04/09/2012;
3. Uppsala University: Anders Celsius, consultado em 04/09/2012.

Autor

Daniel Ribeiro
Mestrado em Ensino de Física e Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Eduardo Lage
Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ribeiro, D. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0065

André-Marie Ampère

Figura 1 André-Marie Ampère (1775 - 1836)

André-Marie Ampère (1775 – 1836) foi o físico e matemático que fundou e nomeou a ciência da eletrodinâmica, atualmente conhecida como eletromagnetismo. Foi em sua honra que se atribuiu o seu último nome à unidade de intensidade de corrente elétrica (o ampere).

Ampère foi desde cedo considerado um prodígio visto que aos 12 anos já era um ávido manuseador de quase toda a matemática até então existente. Posteriormente, ele tornou-se professor de física e química em Bourg, em 1801, e professor de matemática na parisiense *École Polytechnique*, em 1809.

De uma forma geral, Ampère não era um experimentalista metódico, porém, surgiam-lhe impulsivamente pensamentos brilhantes sendo, além disso, ávido a interpretar as observações efetuadas por outros. Foi esta forma de fazer ciência que o imortalizou.

Depois de saber que o físico dinamarquês Hans C. Ørsted (1777 – 1851) tinha descoberto que uma agulha magnetizada era defletida quando colocada próximo de um fio atravessado por uma corrente elétrica, estabelecendo a primeira relação entre a eletricidade e o magnetismo, Ampère preparou num intervalo de uma semana o primeiro de uma série de artigos em que expôs integralmente a teoria por detrás desse fenómeno. Formulou a lei de Ampère que descreve matematicamente a força magnética entre duas correntes elétricas e realizou diversas experiências sobre correntes elétricas e magnetismo. Os resultados dessas experiências permitiram desenvolver a teoria matemática que explicava os fenómenos eletromagnéticos até então conhecidos.

Ampère foi também o primeiro a desenvolver técnicas de medição na área da eletricidade. Ele criou um instrumento utilizando uma agulha de movimento livre que conseguia medir o fluxo de corrente elétrica. Este instrumento, com refinamentos posteriores, viria a tornar-se o galvanómetro.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. Galvanómetro em regime estático, de Jean-Jacques Rousseau;
2. Fluxímetro, de Jean-Jacques Rousseau.

Referências

1. The New Encyclopædia Britannica, Vol. I, 15th Edition, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc., 1975, p. 323, ISBN: 0-85229-297-X;
2. *C. Pickover, Archimedes to Hawking: laws of science and the great minds behind them*, Oxford New York: Oxford University Press, 2008, ISBN: 978-0-195-33611-5;
3. Smithsonian Institution Libraries: Portrait of André-Marie Ampère, consultado em 04/09/2012.

Autor

Daniel Ribeiro
Mestrado em Ensino de Física e Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Eduardo Lage
Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ribeiro, D. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0066

Antoine Becquerel

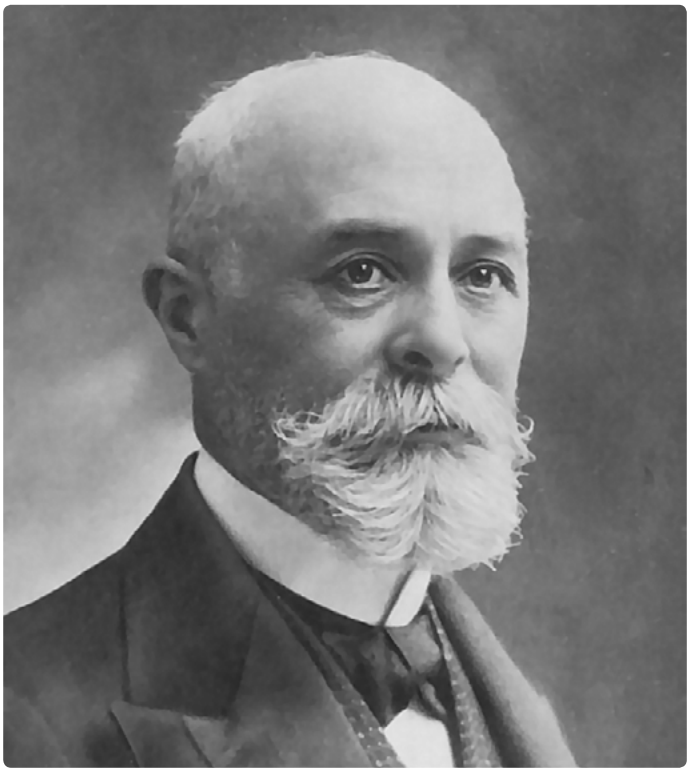


Figura 1 Antoine Becquerel (1852 - 1908)

Antoine Becquerel (1852 – 1908), físico francês, descobriu a radioatividade através das suas investigações sobre o urânio e outras substâncias. Em 1903, dividiu o Prémio Nobel da Física com Pierre Curie (1859 – 1906) e Marie Curie (1867 – 1934).

Becquerel formou-se inicialmente na *École Polytechnique* (1872 – 1874) e tirou o curso de engenharia na *École des Ponts et Chaussées* (Escola de Pontes e Estradas; 1874 – 1877). Além das cátedras que ocupou e dos seus trabalhos de investigação, Becquerel foi durante muitos anos engenheiro do Departamento de Pontes e Estradas, tendo sido nomeado engenheiro-chefe, em 1894. O seu primeiro cargo como professor foi em 1876, como professor assistente na *École Polytechnique*, onde, em 1895, ficou a lecionar a cátedra de física.

Durante vários anos de investigação, Becquerel preocupava-se com a rotação da luz polarizada provocada pela ação de campos magnéticos, uma área de investigação aberta por Michael Faraday (1791 – 1867), na qual o pai de Becquerel também deu importantes contributos. Becquerel investiu tempo no estudo da radiação infravermelha, examinando, entre outras coisas, o espetro de diferentes cristais fosforescentes sob estimulação por infravermelhos. Na senda do trabalho do seu pai, ele estudou a relação entre a absorção de radiação e a emissão de fosforescência em certos compostos de urânio.

Em 1896, ano da grande descoberta, Becquerel já era um físico respeitado, membro da *Académie des Sciences* desde 1889. No entanto, mais do que o respeito que a comunidade científica tinha por Becquerel era admirada a sua experiência com materiais fosforescentes, a sua familiaridade com compostos de urânio e sua habilidade nas técnicas de laboratório, incluindo a fotografia. Foram todos estes fatores que contribuíram para que Becquerel conseguisse descobrir a radioatividade.

Em 1895, com o anúncio da descoberta dos raios-X, feita por Wilhelm Röntgen (1845 – 1923), Becquerel refletiu que poderia haver uma relação entre a experiência de Röntgen e as suas investigações em fosforescência (Becquerel perguntou-se se a produção de raios-X poderia ser sempre associada à luminescência).

Para testar esta hipótese, Becquerel embrulhou chapas fotográficas em espessas camadas de papel preto e colocou um material luminescente em cima delas.

Quando este conjunto foi colocado em contacto com a radiação solar, Becquerel descobriu que as chapas fotográficas foram expostas. Becquerel concluiu que a radiação solar fez com que o material luminescente (um sal de urânio) produzisse radiação, produzindo raios-X. Os raios-X penetravam no papel preto e expunham a chapa fotográfica. Becquerel anunciou esses resultados numa reunião da Academia de Ciências, em 24 de fevereiro de 1896.

Através de um conjunto invulgar de circunstâncias na semana seguinte, Becquerel descobriu a radioatividade. Como de costume, Becquerel ia repetir os resultados da sua experiência, porém, o dia não estava suficientemente ensolarado. Por isso, Becquerel guardou o seu material de trabalho numa gaveta escura. No dia seguinte, pelo mesmo motivo, Becquerel armazenou novamente os seus materiais na mesma gaveta. Cerca de dois dias depois, Becquerel decidiu revelar as placas fotográficas e, curiosamente, verificou que tinha havido exposição na placa. Como a exposição não podia ser proveniente de raios-X solares, Becquerel concluiu que um outro tipo de radiação, proveniente dos sais de urânio, tinha provocado esses resultados – a radioatividade havia sido descoberta.

Em 1906, Becquerel foi eleito vice-presidente da Academia de Ciências Francesa e, dois anos mais tarde, tornou-se presidente da associação. Em 1908, foi eleito um dos secretários permanentes da academia, cargo que ocupou até dois meses antes da sua morte. Em sua homenagem, a unidade de radioatividade no SI é designada por becquerel (símbolo Bq) e corresponde a uma desintegração por segundo.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. Semivida de um elemento radioativo, de Isabelle Tarride;
2. Núcleos atómicos e radioatividade, de Amélia Fabião.

Referências

1. Encyclopaedia Britannica Online: Henri Becquerel, consultado em 03/12/2012;
2. World of Earth Science: Becquerel, Antoine-Henri (1852-1908), consultado em 03/12/2012.

Autor

Daniel Ribeiro
Mestrado em Ensino de Física e Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Eduardo Lage
Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ribeiro, D. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0067

Leve a revista para todo o lado no seu:

- computador
- *tablet*
- telemóvel
- leitor *e-book*

Visite o centro de downloads e escolha um formato:

- *.pdf*
- *.epub*
- *.mobi*

Ou faça o download a partir da iBook Store:

Descarregar no iBooks

Dados (estatística)

Dados são o resultado da observação sobre os elementos da amostra, da variável em estudo.
Para os dados utiliza-se a mesma terminologia que para as variáveis. Assim, os dados serão de tipo qualitativo ou quantitativo, conforme resultem da observação de uma variável qualitativa ou quantitativa.
Os **dados qualitativos** representam a informação que identifica alguma caraterística não suscetível de contagem ou medição, mas de classificação, assumindo várias categorias ou modalidades.
Estes dados ainda se podem exprimir na escala ordinal, se existir uma relação de ordem entre as várias modalidades ou categorias. Caso contrário dizem-se *nominais*. Por exemplo, a classificação de um aluno do 6º ano de escolaridade, na disciplina de Português, exprime-se na escala ordinal, já que se tem a classificação de 1 a 5. Em vez dos números de 1 a 5 poder-se-ia utilizar as letras de A a E, desde que se estabelecesse que a categoria A é a mais baixa e a E a mais alta. Por outro lado o sexo do aluno exprime-se na escala *nominal* e as categorias tanto se podem representar por letras, como por números, mas sem qualquer relação de ordem entre elas.
Os **dados quantitativos** representam a informação resultante de uma caraterística suscetível de contagem - dados discretos, ou medição – dados contínuos. Os dados resultados de medições podem-se ainda exprimir numa escala intervalar, como a temperatura, ou numa escala absoluta, como a altura de um indivíduo.
Convém ainda ter presente a seguinte nota, referida em Moore (1996), página 179 "*A escala de medida depende principalmente do processo de medição e não propriamente da caraterística a ser medida*". Por exemplo, o tamanho (comprimento) de uma camisola, medido em centímetros, é um dado na escala absoluta. No entanto se o catalogarmos em pequeno - S, médio-M, largo – L e extra largo – XL, então o tamanho exprime-se na escala ordinal.
Dados bivariados são o resultado da observação de duas variáveis sobre o mesmo indivíduo da amostra. Por exemplo, se observarmos sobre a mesma pessoa a sua altura e o seu peso, obtemos pares de dados, ou *dados bivariados*.
Uma representação por excelência destes dados é o diagrama de dispersão. Uma medida da associação linear das variáveis em estudo, se forem de tipo quantitativo, é o coeficiente de correlação amostral.

Referências

1. Graça Martins, M. E. (2005) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*.- Com complementos de Excel. Edição da SPE, ISBN: 972-8890-03-6. Depósito Legal 228501/05.
2. Graça Martins, M. E., Loura, L., Mendes, F. (2007) – *Análise de dados*, Texto de apoio para os professores do 1º ciclo, Ministério da Educação, DGIDC. ISBN: 978-972-742-261-6. Depósito legal 262674/07.
3. Moore, D. (1996) – *Statistics Concepts and Controversies*. W.H. Freeman and Company. ISBN: 0-7167-2863-X (pbk.).

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0068

Coeficiente de correlação amostral

A **Correlação** entre duas variáveis de tipo quantitativo descreve a associação entre essas variáveis.
Na presença de um conjunto de dados bivariados o primeiro passo na análise desses dados é representá-los num diagrama de dispersão. A forma da nuvem de pontos, representada no diagrama, pode mostrar uma associação linear entre as duas variáveis, que pode ser expressa numericamente pelo **coeficente de correlação amostral** de Pearson ou pelo seu quadrado que se chama coeficiente de determinação.
O Coeficiciente de correlação amostral de Pearson, representado por *r*, é uma medida da direção e grau

com que duas variáveis, de tipo quantitativo, se associam linearmente.

Se representarmos por $(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = \{(X_i,Y_i)\}$, com $i = 1, \ldots, n$, uma amostra de dados bivariados, o coeficiente de correlação amostral de Pearson calcula-se a partir da seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(y_i-\bar{y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\bar{y}\right)^2}} \text{ onde } \bar{x}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i}{n} \text{ e } \bar{y}=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_i}{n}$$

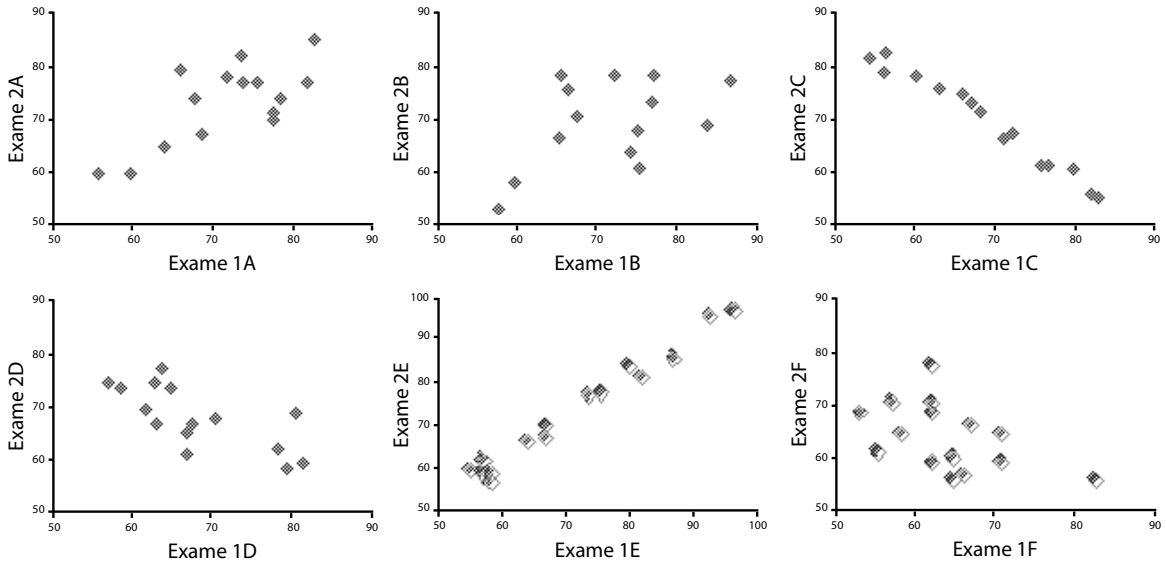
ou seja, o coeficiente de correlação r para o par de variáveis $(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y})$ é o quociente entre a covariância amostral das variáveis $\boldsymbol{x}$ e $\boldsymbol{y}$ e o produto dos desvios padrões respetivos:

$$r = \frac{Cov(x,y)}{s_x s_y}$$

Podem-se mostrar as seguintes propriedades do coeficiente de correlação *r*:

1. O coeficiente de correlação assume valores entre -1 e 1.
2. Quanto maior for o valor de *r*, em módulo, maior será o grau de associação linear entre as variáveis.
3. Um valor de *r positivo* indica uma associação *linear positiva* entre as duas variáveis, isto é, quando os valores de uma das variáveis aumentam, existe tendência para que os valores da outra variável também aumentem. Um valor de *r negativo* indica uma associação *linear negativa* entre as duas variáveis, isto é, quando os valores de uma das variáveis aumentam, existe tendência para que os valores da outra variável diminuam.
4. O coeficiente de correlação não é uma medida *resistente*, isto é, pode ser influenciado pela existência nos dados de alguns valores *estranhos* ou *outliers*, ou seja, valores muito maiores ou menores que os restantes, pelo que deve ser interpretado com o devido cuidado. A representação prévia dos dados num diagrama de dispersão, antes de proceder ao cálculo do coeficiente de correlação, permite detetar a existência de *outliers*.

Apresentam-se a seguir alguns exemplos de representações gráficas de conjuntos de dados relativos a notas obtidas em dois exames por alunos de 6 classes e respetivos coeficientes de correlação (Adaptado de Rossman, A. J. (1996)):



A visualização dos gráficos anteriores leva-nos a supor que entre os dois exames se possa admitir o seguinte tipo de associação:

	Forte	Moderada	Fraca
Positiva	E	A	B
Negativa	C	D	F

O cálculo do coeficiente de correlação, que se apresenta na tabela seguinte, completa a informação da tabela anterior:

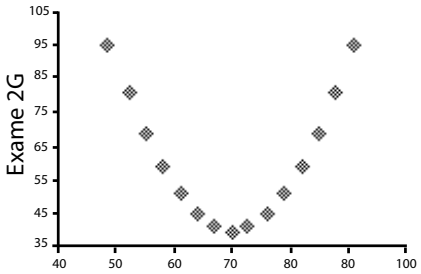
Classe	Correlação
A	0.71
B	0.47
C	-0.99
D	-0.72
E	0.99
F	-0.47

Repare-se que apenas nos casos em que | *r* | é muito

elevado faz sentido falar de associação linear forte, como é observado nos casos C e E em que o gráfico de dispersão aponta para isso.

Num contexto de regressão linear simples, em que a variável explanatória é x e a variável resposta é y, o coeficiente de determinação r^2 dá a percentagem de variabilidade dos y's que fica explicada em função da variabilidade dos x's. Assim, embora aparentemente um valor de r à volta de 0,7 possa parecer elevado, na realidade, é maior a percentagem de variabilidade que fica por explicar (100-49)% do que a explicada ($100x0,7^2$)%, pelo que um valor de r naquela ordem de grandeza corresponde a um relacionamento moderado.

Mais uma vez se chama a atenção para que o coeficiente de correlação só mede a intensidade com que duas variáveis se associam linearmente. Como se verifica no exemplo seguinte existe uma forte associação entre os dados do Exame1 e os dados do Exame2 e no entanto o coeficiente de correlação vem igual a 0.



Correlação e relação causa-efeito É importante não confundir associação, medida pelo coeficiente de correlação, com relação *causa-efeito*. Um diagrama de dispersão e uma correlação não provam a existência de uma relação *causa-efeito*. Podem existir outras variáveis, que não são estudadas, mas influenciam as que estão a ser estudadas e que são conhecidas como variáveis *lurking* ou *confounding* (variáveis de confundimento).

O coeficiente de correlação amostral r pode ser usado para estimar o coeficiente de correlação populacional ρ.

Referências

1. Murteira, B., Ribeiro, C. S., Silva, J. A., Pimenta, C. (2002) – *Introdução à Estatística*. McGraw-Hill de Portugal, Lda. ISBN: 972-773-116-3.
2. Rossman, A.J. (1996) - *Workshop Statistics: Discovery with data*. New York: Springer-Verlag.
3. Pestana, D., Velosa, S. (2010) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*, Volume I, 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 978-972-31-1150-7. Depósito Legal 311132/10.

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0069

Coeficiente de correlação populacional

A **Correlação** entre duas variáveis aleatórias descreve a associação entre essas variáveis.

O Coeficiente de correlação populacional de Pearson, ρ, entre duas variáveis aleatórias $\boldsymbol{X}$ e $\boldsymbol{Y}$, com desvio padrão diferente de zero, mede a direção e o grau com que as variáveis se associam linearmente.

Dadas as variáveis aleatórias $\boldsymbol{X}$ e $\boldsymbol{Y}$ com valores médios $\boldsymbol{\mu}_x$ e $\boldsymbol{\mu}_y$ e desvios padrões $\boldsymbol{\sigma}_x$ e $\boldsymbol{\sigma}_y$, superiores a zero, o **coeficiente de correlação** de Pearson ρ, entre X e Y, calcula-se a partir da seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{E\left[\left(X-\mu_x\right)\left(y-\mu_y\right)\right]}{\sigma_x\sigma_y}$$

ou seja, o coeficiente de correlação ρ para o par de variáveis aleatórias (X,Y) é o quociente entre a covariância populacional das variáveis aleatórias X e Y e o produto dos desvios padrões respetivos:

$$\rho = \frac{Cov\left(X,Y\right)}{\sigma_x\sigma y}.$$

Tal como o coeficiente de correlação amostral, também se pode provar que o coeficiente de correlação populacional assume valores no intervalo [-1,1].

Se as variáveis aleatórias X e Y são independentes (ver independência), então o coeficiente de correlação ρ vem igual a 0. No entanto, o inverso não é

necessariamente verdadeiro, pois pode o coeficiente de correlação ser nulo, sem que as variáveis aleatórias sejam independentes, já que ρ só mede a associação linear. Existe, contudo, uma situação de exceção em que coeficiente de correlação ρ nulo e independência são equivalentes, que é o caso do par (X, Y) ser binormal (para saber mais consultar, por exemplo, Murteira et al. (2002), página 259 e Pestana e Velosa (2010), página 935).

O **coeficiente de correlação populacional** ρ pode ser estimado pelo coeficiente de correlação amostral ***r***.

Referências

1. Murteira, B., Ribeiro, C. S., Silva, J. A., Pimenta, C. (2002) – *Introdução à Estatística*. McGraw-Hill de Portugal, Lda. ISBN: 972-773-116-3.
2. 2. Pestana, D., Velosa, S. (2010) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*, Volume I, 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 978-972-31-1150-7. Depósito Legal 311132/10.

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0070

Distribuição (estatística)

Distribuição de uma variável é o padrão apresentado por um conjunto de dados resultantes da observação da variável.

Como o termo variável sugere (Rossman (2001), página 8), os valores assumidos pela variável diferem de unidade observacional (objeto de estudo, quer seja pessoa, animal, objeto ou resultado experimental) para unidade observacional. Por outras palavras, os dados apresentam variabilidade. O padrão desta variabilidade é a distribuição da variável.

A distribuição de uma variável é estudada através da distribuição de frequências, apresentada na forma de tabelas de frequências; representações gráficas - diagramas ou gráficos; medidas numéricas - medidas de localização ou medidas de dispersão; ou descrições verbais.

Um dos objetivos da Estatística é desenvolver processos de análise que nos permitam responder a algumas questões, tais como:

- Serão os dados quase todos iguais?
- Serão muito diferentes, uns dos outros?
- De que modo é que são diferentes?
- Existe alguma estrutura subjacente ou alguma tendência?
- Existem alguns agrupamentos especiais?
- Existem alguns dados muito diferentes da maior parte?

Estas questões, de um modo geral, não podem ser respondidas rapidamente, olhando unicamente para o conjunto dos dados! No entanto, se estiverem organizados sob a forma de *tabelas de frequências* e/ou *gráficos*, já a resposta às questões anteriores se torna mais simples.

Referências

1. Graça Martins, M. E. (2005) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*.- Com complementos de Excel. Edição da SPE, ISBN:972-8890-03-6. Depósito Legal 228501/05.
2. Rossman, A. J., Chance, B. (2001) - *Workshop Statistics: Discovery with data*. Key College Publishing. ISBN: 1-888-877-2740.

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0071

Distribuição de probabilidades

Distribuição de probabilidades (ou modelo de probabilidade) de uma variável aleatória é um modelo matemático que se idealiza para estudar o fenómeno aleatório em causa.

De seguida referir-nos-emos unicamente a variáveis aleatórias discretas. Para as variáveis aleatórias contínuas consultar, por exemplo, Graça Martins (2005), Mann (1995) ou Pestana e Velosa (2010).

No caso de uma variável aleatória discreta o modelo de probabilidades é o conjunto constituído por todos os valores que a variável pode assumir (o *suporte* da variável) e pelas probabilidades de que esses valores ocorram.

Dada uma variável aleatória $\boldsymbol{X}$, discreta, que assume os valores $x_1, x_2, \ldots, x_M$, ou $x_1, x_2, \ldots$, no caso de assumir um número finito ou um número infinito numerável de valores distintos, respetivamente, então as probabilidades $p_i = P(X = x_i)$, com $i = 1, 2, \ldots M$ ou $i = 1, 2, \ldots$, devem satisfazer as seguintes condições:

i. $0 \leq p_i \leq 1$, para qualquer i;

ii. $\sum_{i}^{M} p_i = 1$ ou $\sum_{i}^{\infty} p_i = 1$.

O conjunto $\{x_i, p_i\}$ é a distribuição de probabilidades da variável aleatória X. A este conjunto também se dá o nome de função massa de probabilidade da variável aleatória X.

Como exemplos de modelos discretos muito utilizados temos os modelos Uniforme (em n pontos) e Binomial com suporte finito e os modelos Geométrico e de Poisson com suporte infinito numerável.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:
1. Distribuição discreta, de Hans Lohninger;
2. Probabilidades - uma aprendizagem por simução, de Maria Júlia Ferreira.

Referências

1. Graça Martins, M. E. (2005) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*.- Com complementos de Excel. Edição da SPE, ISBN: 972-8890-03-6. Depósito Legal 228501/05.
2. Mann, P. S. (1995) – *Introductory Statistics*, 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 0-471-31009-3.
3. Pestana, D., Velosa, S. (2010) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*, Volume I, 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 978-972-31-1150-7. Depósito Legal 311132/10.

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0072

Modelo de probabilidade

Modelo de probabilidade para um fenómeno aleatório (com espaço de resultados finito) é um modelo matemático em que se consideram todos os resultados do espaço de resultados e probabilidades associadas aos acontecimentos elementares.

O processo de atribuir probabilidades aos acontecimentos elementares deve ser tal, que algumas regras básicas devem ser satisfeitas para todos os modelos:

- **Regra 1** – Uma probabilidade deve ser um número não negativo;
- **Regra 2** – A soma das probabilidades de todos os acontecimentos elementares associados ao espaço de resultados é igual a 1.

As regras anteriores não excluem a possibilidade de um acontecimento elementar ter probabilidade zero. No entanto, em espaços finitos uma probabilidade igual a zero é interpretada, na prática, como uma *impossibilidade*, pelo que qualquer resultado do espaço de resultados, com probabilidade nula, pode ser eliminado do espaço de resultados (Feller (1968), página 22).

Consideremos o fenómeno aleatório que consiste em lançar uma moeda de um euro, equilibrada, e ver qual

o resultado que sai na face virada para cima. Mas o que é uma moeda equilibrada? É aquela em que estamos a admitir, à partida, que existe igual possibilidade de sair face Euro ou face Nacional no próximo lançamento que façamos com ela – estamos a admitir o princípio da simetria (ver probabilidade). Estamos, assim, a admitir, na nossa cabeça, um modelo matemático em que assumimos que em qualquer lançamento da moeda, a probabilidade de sair face Euro é igual à de sair face Nacional e igual a ½ (Graça Martins (2005), página 128):

Modelo para o resultado do lançamento da moeda equilibrada

Resultado	Face Euro	Face Nacional
Probabilidade	1/2	1/2

Não nos estamos a preocupar, por exemplo, com a força ou direção com que atiramos a moeda, nem tão pouco com o desgaste acusado pela moeda após sucessivos lançamentos! Também não estamos a encarar a hipótese da moeda cair de pé! Se nos estivéssemos a preocupar em arranjar um modelo que traduzisse mais fielmente a realidade, estaríamos a arranjar um modelo matemático tão complicado que seria impossível de tratar e não nos serviria para nada. O estatístico George Box dizia: ***Todos os modelos são maus, alguns modelos são úteis.*** Assumindo então o modelo anterior, um pouco simplista, para o lançamento da moeda, se lançarmos a moeda repetidas vezes, esperamos que o número de face Euro seja aproximadamente metade do número de lançamentos. Se, por outro lado, recolhermos uma amostra de dimensão 1, isto é, fizermos um único lançamento, não sabemos qual o resultado que se vai verificar, se será face Euro ou face Nacional, mas dizemos que a probabilidade de sair face Euro é 1/2.

Considere-se o fenómeno aleatório que consiste em observar o número de pintas da face que fica virada para cima, quando se lança um dado equilibrado. Um modelo de probabilidade que descreve este fenómeno é o seguinte:

N.º pintas	1	2	3	4	5	6
Probabilidade	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

Considere-se ainda o fenómeno que consiste em selecionar uma amostra aleatória simples de dimensão 2, de uma população constituída por N elementos. Por exemplo, com $N = 3$, se se numerarem os elementos da população de 1 a 3, o espaço de resultados é constituído por (1,2), (1,3) e (2,3). Em geral, será pelos pares (i,j), $i,j = 1,...,N$, $i < j$, em número de $N(N-1)/2$. Um modelo de probabilidade que descreve este fenómeno é o seguinte:

Amostra	(i,j) com $i < j$ e $i,j = 1,... N$
Probabilidade	$\frac{2}{N(N-1)}$

Suponha-se agora (Pestana e Velosa (2010), página 717) "*que estamos interessados em modelar a ocupação de camas numa unidade de cuidados intensivos para recuperação de cirurgia cardíaca; neste caso podemos usar a experiência passada para calcular frequências relativas, e com base nelas construir um modelo. Por exemplo, se X for o número de dias que um doente passa nessa unidade, podemos pelas razões apontadas adotar o modelo*

X (Número de dias)	5	6	7	8	9	10	11
Probabilidade	$\frac{10}{58}$	$\frac{9}{58}$	$\frac{5}{58}$	$\frac{13}{58}$	$\frac{7}{58}$	$\frac{10}{58}$	$\frac{4}{58}$

que está bem definido, no sentido em que a soma das probabilidades dos acontecimentos elementares é igual a 1".

Referências

1. Feller, W. (1968) – *An introduction to probability theory and its applications*. 3ª edição, Volume 1. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 0-471-25711-7.
2. Graça Martins, M. E. (2005) –*Introdução à Probabilidade e à Estatística*.- Com complementos de Excel. Edição da SPE, ISBN:972-8890-03-6. Depósito Legal 228501/05.
3. Pestana, D., Velosa, S. (2010) – *Introdução à Probabilidade e à Estatística*, Volume I, 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 978-972-31-1150-7. Depósito Legal 311132/10.

Autor

Maria Eugénia Graça Martins
Departamento de Estatística e Investigação Operacional da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Editor

José Francisco Rodrigues
Departamento de Matemática da
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Referência: Graça Martins, E. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0073

Átomo

O átomo é a partícula mais pequena que carateriza um elemento químico. É constituído por um núcleo central extremamente denso, positivamente carregado, constituído por protões e neutrões (o núcleo de hidrogénio é constituído somente por um protão). O núcleo atómico constitui mais de 99,9% da massa do átomo enquanto os eletrões, que rodeiam o núcleo, determinam o tamanho do átomo.

Os eletrões são atraídos pelo núcleo através de forças eletrostáticas que impedem a sua separação do núcleo. O átomo pode dar origem a um ião, positivo (se forem retirados eletrões) ou negativo (se forem introduzidos eletrões). O número de protões (Z) determina a natureza do elemento químico (e.g. Z=1 - Hidrogénio; Z=2 - Hélio; Z=8 - Oxigénio; Z=17 - Cloro; Z=92 - Urânio), incluindo as caraterísticas das suas ligações a outros átomos, que determinam as propriedades químicas.

O número de massa (A) de um elemento químico corresponde à soma do número de neutrões e do número de protões e corresponde, aproximadamente, à massa nuclear, dado que as massas do neutrão e do protão são próximas da unidade de massa atómica e bastante superiores à massa do eletrão. Desta forma, o número de neutrões (A-Z) carateriza o isótopo de um elemento químico (e.g. [Z=1, A=1] - Hidrogénio; [Z=1, A=2] - Deutério, [Z=1, A=3] - Trítio). Dois isótopos do mesmo elemento têm propriedades químicas semelhantes mas a diferença de massa pode afetar algumas propriedades relacionadas diretamente com a massa, como a velocidade de cisão das ligações e frequência das vibrações.

O termo «átomo» vem do Grego e significa indivisível, visto que foi considerado até ao fim do século XIX como a menor porção em que se podia dividir a matéria. O modelo atómico, tal como é conhecido hoje, teve uma longa evolução histórica, com contribuições de vários cientistas.

Em 1808, John Dalton propôs a sua teoria do modelo atómico, no qual o átomo é uma pequena esfera impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga elétrica. Mais tarde, Joseph John Thomson, com a descoberta do eletrão, propôs que o átomo não era maciço (como tinha afirmado Dalton), mas sim um fluido com carga positiva, onde estavam dispersos os eletrões (com carga negativa). Em 1911, Ernest Rutherford propôs um modelo do átomo análogo ao do movimento dos planetas em torno do sol sob a ação das forças gravíticas, mas este modelo não é compatível com o eletromagnetismo tal como fora já bem estabelecido por James Maxwell, em meados do século XIX. Niels Bohr reformulou, em 1913, o modelo de Rutherford, introduzindo um conjunto de postulados em que baseou o seu modelo.Com a introdução da Mecânica Quântica, em 1925, por Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg, surgiu o atual modelo do átomo entendido como um núcleo de carga positiva rodeado por uma nuvem eletrónica. Nesta nova linguagem é abandonada a noção clássica de órbita dos eletrões, sendo estes descritos por uma função probabilística.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. O átomo, de Michael Fowler;
2. Modelos atómicos, de Michael Fowler;
3. Orbitais no átomo de Hidrogénio, de Paul Falstad;
4. Experiência de Thomson, de Teresa Martín e Ana Serrano;
5. Modelo de Rutherford, de Jean-Jacques Rousseau;
6. Experiência de Rutherford, de Gilbert Gastebois;
7. Dispersão de Rutherford, de Michael Fowler;
8. O que origina as riscas espetrais, de Carla Ribeiro;
9. Modelo de Bohr, de David Harrison;
10. Modelo do átomo de Bohr, de Water Fendt;
11. Espetro do Hidrorgénio, de Carlos Corrêa;
12. De onde vêem os elementos químicos, de Carla Ribeiro;

Autor

José Ricardo Pinto
Doutoramento em Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Jorge Gonçalves
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Ricardo Pinto, J. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0074

Modelo atómico de Thomson

Neste modelo o átomo é constituído por **eletrões** encastrados numa **esfera maciça** com carga elétrica positiva uniformemente distribuída. O número de eletrões é tal que torna o átomo eletricamente neutro. O modelo é conhecido como "o do bolo de passas".

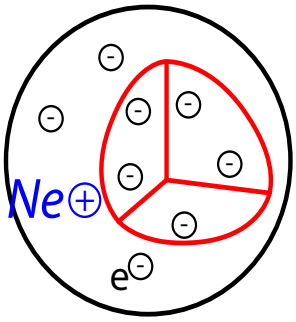


Figura 1 Modelo atómico de Thomson.

Descrição histórica do modelo

O modelo atómico de Thomson (J. J. Thomson, F.R.S., Cavendish Professor de Física Experimental na Universidade de Cambridge) foi apresentado numa comunicação publicada na revista *Philosophical Magazine and Journal of Science*, em Março de 1904, com o título "Sobre a Estrutura do Átomo: uma Investigação da Estabilidade e Períodos de Oscilação de um número de Corpúsculos dispostos com iguais Intervalos numa Circunferência, com aplicação dos resultados à Teoria da Estrutura Atómica"[1]. Segundo Thomson, "A ideia de que os átomos dos elementos consistem num certo número de corpúsculos com carga elétrica negativa embebidos numa esfera com carga elétrica positiva uniforme(...), sugere o estudo do movimento de um anel de partículas negativamente eletrificadas embebidas numa esfera uniformemente eletrificada".

É este o modelo de Thomson: anéis de eletrões igualmente intervalados movendo-se em movimento circular, embebidos numa esfera maciça com carga positiva uniformemente distribuída (bolo de passas).

Thomson tratou matematicamente este modelo considerando a força atrativa (de um eletrão ao centro das esfera) e as forças repulsivas (dos restantes eletrões sobre um eletrão), que deveriam ser iguais para que o conjunto fosse estável. Considerou que os eletrões se moveriam, rodando periodicamente no plano da circunferência e ou vibrando perpendicularmente a este plano, e relacionou as frequências de vibração mecânicas com as frequências dos espetros atómicos, sem, no entanto, ser capaz de prever os valores experimentais das frequências espetrais (como haveria de suceder com a teoria de Bohr).

Thomson estudou sistemas com números variáveis de eletrões e verificou que a estabilidade dos sistemas dependia do número de eletrões e da velocidade angular dos anéis eletrónicos. Para sistemas com mais de 6 eletrões, poderia conseguir sistemas estáveis se colocasse um ou mais eletrões em circunferências interiores. Calculou mesmo o número mínimo, p, de eletrões internos que tornariam estável um anel de n eletrões:

n 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40

p .....0 1 1 1 2 3 15 39 101 232~

o que implicava que, para um número elevado de eletrões, se formariam vários anéis. Os que se situavam perto da superfície da esfera teriam maior número de eletrões. Para diferentes sistemas (átomos) viria:

N.º de eletrões	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Eletrões em cada anel	5	8	10	12	13	15	16	16	17	18	19	20
		2	5	7	9	10	12	13	14	15	16	16
				1	3	5	6	8	10	11	12	13
							1	3	4	5	7	8
										1	1	3

A partir da semelhança entre alguns destes sistemas de corpúsculos, Thomson interpretou a semelhança de propriedades de famílias de elementos, a sua variação ao longo da tabela de Mendeleieve, a diferente eletronegatividade dos elementos bem como a formação de ligações iónicas entre certos átomos. A existência de elementos radioativos foi interpretada como resultado da diminuição da velocidade angular dos corpúsculos abaixo de um certo valor, que tornaria o sistema de corpúsculos instável com emissão de uma parte do átomo.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. Experiência de Thomson, de Teresa Martín e Ana Serrano;
2. Modelos atómicos, de Michael Fowler;
3. O átomo, de Michael Fowler.

Referências
1. Phil. Mag., S. 6, Vol. 7, No.39, March. 1904

Autor
Carlos Corrêa
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor
Jorge Gonçalves
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Corrêa, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0075

Modelo atómico de Rutherford

O modelo atómico de Rutherford (E. Rutherford, F.R.S., Universidade de Manchester) foi apresentado numa comunicação efetuada na Manchester Literary and Philosophical Society em 1911 e publicada na revista *Philosophical Magazine and Journal of Science*, em Maio de 1911, com o título "*The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom*".

Era convição geral que os desvios de partículas *α* (experiências de Geiger e Marsden[1]) e de partículas *β* (trabalhos de Crowthers[2]) quando feixes destas partículas atravessavam finas lâminas metálicas (por exemplo, de ouro, com espessura de cerca de 0,00004 cm) resultavam de uma série de sucessivos pequenos desvios.

Thomson havia concluído, baseado nos resultados experimentais de Crowthers com partículas *β* e em cálculos realizados sobre o seu modelo de "bolo de passas", que os ângulos de cada desvio deveriam ser pequenos e resultantes da interação sucessiva com *N* eletrões. Crowthers, em experiências de deflexão com vários metais, calculou até o número de eletrões, *N*, que seria responsável pelos sucessivos desvios e que diferia do número de eletrões atualmente conhecido (Alumínio 27 em vez de 13, Cobre 42 em vez de 29, Prata 78 em vez de 47, etc.).

No entanto, alguns dos desvios de partículas *α* ao atravessarem finas láminas de ouro eram mesmo superiores a 90º, o que era dificil de explicar com base na existência de pequenos desvios sucessivos, pois o cálculo da probabilidade de ocorrência de desvios sucessivos conduzia a valores extremamente baixos.

Rutherford pensou que era razoável supor que os desvios elevados das partículas *α* se deviam a um único encontro da partícula com uma zona de intenso campo elétrico e não a uma série sucessiva de pequenos desvios. Assim, considerou um modelo, sobre o qual efetuou alguns cálculos, com a seguinte estrutura: "*...um átomo que contém uma carga elétrica ±**Ne** no seu centro rodeada por uma esfera eletrificada de carga -**Ne** (ou +**Ne**) uniformemente distribuída numa esfera de raio **R**, em que **e** é a unidade fundamental de carga e **N** a carga central do átomo.*"

Por comodidade, Rutherford considerou a carga central positiva, ***+Ne***, rodeada por carga negativa ***-Ne***. Considerou que os desvios das partículas *α*, carregadas positivamente, se deviam somente à carga central do átomo.

Aqui surge o verdadeiro modelo de Rutherford: **uma zona central - o núcleo - com carga positiva e uma zona difusa à sua volta, com carga negativa - a nuvem eletrónica**.

Com base neste modelo, Rutherford determinou as trajetórias hiperbólicas das partículas *α* no seu percurso através dos átomos que constituíam as folhas de ouro e calculou os ângulos de desvio quando os feixes de partículas passavam na vizinhança do centro do átomo (à distância *p*). Para valores de *p* pequenos, os ângulos de desvio podiam alcançar valores tão elevados como 120º ou 150º.

Para lâminas tão finas como 0,0001 cm, deduziu que a probabilidade de uma segunda interação com outro átomo era diminuta (da ordem de 0,000001). Geiger, realizando experiências com diferentes lâminas metálicas, concluiu que o valor de ***N*** era aproximadamente proporcional aos seus pesos atómicos.

Tanto para a deflexão de partículas *α* como *β*, a carga central ***Ne*** é proporcional ao peso atómico da partícula. Verificou que a carga positiva do núcleo era aproximadamente igual a 1/2 de *Ae*, em que **A** é o peso atómico (referido ao hidrogénio). Quer

dizer que o número de eletrões do átomo é cerca de metade do respetivo peso atómico.

Curiosamente, Rutherford conclui neste célebre artigo "*The deductions from the theory so far considered are independent of the sign of the central charge, and it has not so far been found possible to obtain definitive evidence to determine whether it is positive or negative.*"

No seu segundo artigo, de Março de 1914 (*Philosophical Magazine and Journal of Science*, Série 6, Volume 27, pag. 488-498), com o título "*The Structure of the Atom*", Rutherford começa por referir que o artigo vai tratar de alguns pontos ligados à teoria do "núcleo" do átomo que tinha deliberadamente omitido no artigo anterior (1911). Escreve "*Para explicar os grandes desvios angulares das experiências de dispersão das partículas α, supuz que o átomo consistia num núcleo de pequenas dimensões carregado positivamente no qual se concentrava praticamente toda a massa do átomo. Considerei o núcleo rodeado de eletrões, de modo a tornar o átomo eletricamente neutro, distribuidos a distâncias comparáveis ao que se considera ser o raio do átomo*". Note-se que nada adianta sobre o modo como os eletrões se moveriam em torno do núcleo.

Concentra-se novamente em experiências de deflexão de Geiger e Marsden[3] realizadas em 1913, que continuam a substanciar o seu modelo atómico. Rutherford[4] estendeu a sua análise à interação de partículas α com átomos menores, como hidrogénio e hélio, concluindo que o núcleo do átomo de hidrogénio teria uma só carga positiva e o núcleo de hélio (partícula α) teria duas.

Previu que, dada a carga e massa do átomo de hidrogénio, a aproximação das partículas α levaria os átomos de hidrogénio a moverem-se com uma velocidade 1,6 vezes maior do que a das partículas α, devendo ser possível detetar a ejeção destes átomos de hidrogénio. A frase de Rutherford "*Mr Marsden has kindly made experiments for me to test whether the presence of such hydrogen atoms can be detected*" mostra a sua íntima colaboração com estes experimentalistas.

Refere a diferença entre o comportamento das partículas α e β, notando que estas, por terem carga contrária à carga do núcleo, são aceleradas na sua aproximação ao núcleo, podendo mesmo ser apanhadas numa órbita em espiral, acabando por cair no núcleo, o que explicava o desaparecimento de partículas β na sua passagem através da matéria.

Sobre as dimensões do núcleo escreve: "*Para explicar a velocidade adquirida pelos átomos de hidrogénio nas suas 'colisões' com partículas α, é possível verificar por cálculo que que os centros dos núcleos de He e de H se devem aproximar a cerca de $1{,}7 \times 10^{-13}$ cm. Isto é uma quantidade muito pequena, um pouco menor do que o valor geralmente aceite para o diâmetro do eletrão, cerca de 2×10^{-13} cm*".

Rutherford interroga-se se existirão eletrões no núcleo, questão já levantada por Bohr, que também concluiu que as partículas β provinham do núcleo.

Segundo as palavras de Rutherford "*é claro na base da teoria do núcleo que as propriedades físicas e químicas dos elementos dependem inteiramente da carga nuclear, que determina o número e a distribuição dos eletrões que o rodeiam*".

A existência de isótopos é claramente prevista, pois "*deve ter-se em mente que não é impossível, com base na teoria do núcleo, que os átomos possam diferir no seu peso atómico mas terem a mesma carga nuclear*".

O mesmo sucede com a existência de isóbaros: "*Se o núcleo for considerado uma mistura de núcleos de hidrogénio com carga + e núcleos de hélio com carga 2+, pode conceber-se que a existência de atomos com a mesma carga nuclear mas diferentes pesos atómicos*".

Este segundo artigo termina referindo os trabalhos de Bohr: "*Bohr chamou a atenção para as dificuldades de construir átomos baseados na teoria do "núcleo" e mostrou que as posições estáveis dos eletrões não podem ser deduzidas da Mecânica Clássica. Por introdução de conceitos relacionados com o quantum de Planck, Bohr mostrou que, sob simples suposições, é possivel construir átomos simples e moléculas.(...) Embora haja muitas opiniões acerca da validade das suposições em Bohr que se baseia, não há nenhuma dúvida de que as suas teorias são de grande interesse e importância para todos os físicos, como primeira tentativa de construir simples átomos e moléculas e explicar os seus espetros.*"

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. Modelo de Rutherford, de Jean-Jacques Rousseau;
2. Experiência de Rutherford, de Gilbert Gastebois;
3. Dispersão de Rutherford, de Michael Fowler;
4. Modelos atómicos, de Michael Fowler;
5. O átomo, de Michael Fowler.

Referências
1. Geiger e Marsden, *Proc. Roy. Soc.* A. Ixxxii. p. 495(1909);
2. Crowther, *Proc. Roy. Soc.* A. Ixxxiv. p. 226(1910);
3. Geiger e Marsden, *Phil. Mag.* xxv . p.604 (1913);
4. Rutherford e Nuttall, *Phil. Mag.* xxvi . p.702 (1913).

Autor
Carlos Corrêa
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor
Jorge Gonçalves
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Corrêa, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0076

Modelo atómico de Bohr

A teoria atómica de Bohr foi apresentada em dois artigos publicados na revista *Philosophical Magazine and Journal of Science*, em Julho e Setembro de 1913, com o título "*On the Constitution of Atoms and Molecules*", Partes I e II.

Bohr acentua que o seu artigo constitui uma tentativa de aplicação das ideias de Rutherford para uma teoria de constituição do átomo, propondo-se discutir no primeiro artigo o mecanismo da ligação dos eletrões a um núcleo com carga positiva utilizando a teoria de Planck. É neste primeiro artigo que apresenta o seu modelo atómico e se explica a posição das riscas do espetro do átomo de hidrogénio.

Refere a inadequabilidade da termodinâmica clássica para explicar as propriedades dos átomos com base num modelo como o de Rutherford, considerando um sistema constituído por um núcleo de pequeníssimas dimensões, com carga positiva $+E$, e um eletrão descrevendo órbitas elíticas estacionárias à sua volta, tal qual sucede com os planetas em volta do Sol. Por simplicidade considera a massa do eletrão desprezável em relação à massa do núcleo fixo, a velocidade do eletrão pequena em relação à velocidade da luz e que não há qualquer emissão de energia.

A permanência do eletrão em óbita (por simplicidade considerada circular, de raio $\boldsymbol{a}$) exige que a força atrativa ao núcleo (Ee/a^2) seja igual à força centrífuga $\left[ma(2\pi\omega)^2\right]^*$, sendo $\boldsymbol{m}$ a massa do eletrão. Representando por $\boldsymbol{W}$ a energia necessária para afastar o eletrão a uma distância infinita do núcleo, obtem-se o valor da frequência de rotação e do diâmetro da órbita, $2a$:

$$\omega = \frac{W^{3/2}\sqrt{2}}{\pi eE\sqrt{m}} \qquad 2a = \frac{eE}{W}$$

Contudo, dado que uma carga elétrica em movimento circular emite radiação eletromagnética, as órbitas do eletrão deixariam de ser estacionárias; W aumentaria sucessivamente e o eletrão descreveria órbitas cada vez menores, de maior frequência, acabando por cair no núcleo. Bohr concluiu que "*é óbvio que o comportamento deste sistema é muito diferente do que se verifica nos sistemas atómicos que se encontram na Natureza*".

É aqui que surgem as ideias de Planck: "*Now the essential point in Planck´s theory of radiation is that the energy radiation from an atomic system does not take place in the continuous way assumed in the ordinary electrodynamics, but that it, on the contrary, takes place in distinctly separated emissions, the amount of energy radiated out from an atomic vibrator of frequency* ν *in a single emission being equal to* $\tau h\nu$ *, where* τ *is an entire number, and* h *is a universal constant*".

Na aplicação das ideias de Planck ao modelo atómico, Bohr assume que no processo de ligação do eletrão ao núcleo é emitida radiação de frequência $\boldsymbol{\nu}$ igual a metade da frequência de rotação do eletrão em torno do núcleo $(\nu = \omega/2)$ e a quantidade de energia emitida no processo é $W = \tau h\nu = \tau h(\omega/2)$ e, considerando as relações anteriores, obteve as energias, frequências e dimensões das várias órbitas permitidas para o eletrão:

$$W = \frac{2\pi^2 me^2E^2}{\tau^2h^2} \qquad \omega = \frac{4\pi^2 me^2E^2}{\pi^2h^2} \qquad 2a = \frac{\tau^2h^2}{2\pi^2 meE}$$

Note-se que o valor de W é máximo para $\tau = 1$, o que corresponde ao estado mais estável do sistema, isto é, ao estado em que o eletrão está mais ligado e que requer maior quantidade de energia para ser removido†.

Para o átomo de hidrogénio, $E = e$, e substituindo as constantes m, e, e h pelos respetivos valores ‡, vem $2a = 1.1\times10^{-8}\,cm$, $\omega = 6.2\times10^{15}\,s^{-1}$ e $W/e = 13V$ "*valores que são da mesma ordem de grandeza das dimensões do átomo, das frequências 'óticas' e dos potenciais de ionização*" conhecidos na época.

Bohr refere que a importância da teoria de Planck tinha sido já apontada por Einstein e aplicada a uma série de fenómenos por Stark, Nernst e Sommerfield. Refere os trabalhos de Nicholson, que publicou vários artigos em que mostrou ser possível explicar as riscas, até então de origem desconhecida, nos espetros luminosos da corona solar e de nebulosas com base na presença de certos elementos nesses corpos celestes, aplicando a teoria de Planck. No entanto, havia sérias objeções aos modelos de Nicholson.

O maior sucesso da teoria de Bohr surgiu ao explicar quantitativamente o espetro de emissão do átomo de hidrogénio, estudado por vários cientistas, entre os quais Rydberg, que verificou empiricamente que a posição as riscas (frequência, ν) obedecia à relação

$$\nu = cR_H\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right) = 3{,}29\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

onde $\boldsymbol{c}$ é a velocidade da luz, $\boldsymbol{R_H}$ é a constante de Rydberg (1,09678 × 107 m-1) e $\boldsymbol{n_1}$ e $\boldsymbol{n_2}$ são números inteiros e positivos, tais que $n_1 < n_2$.

A quantidade de energia emitida na passagem do sistema de um estado correspondente a $\tau = \tau_1$ para um estado correspondente a $\tau = \tau_2$ é

$$W_2 - W_1 = \frac{2\pi^2me^4}{h^2\tau_2^2} - \frac{2\pi^2me^4}{h^2\tau_1^2} = \frac{2\pi^2me^4}{h^2}\left(\frac{1}{\tau_2^2}-\frac{1}{\tau_1^2}\right) = h\nu$$

o que permite obter os valores das frequências das riscas do espetro do hidrogénio.

$$\nu = \frac{2\pi^2me^4}{h^3}\left(\frac{1}{\tau_2^2}-\frac{1}{\tau_1^2}\right)$$

"*A concordância é quantitativa e também qualitativa. Para* $e = 4.7\times10^{-10}$, $e/m = 5.31\times10^{-17}$ *e* $h = 6.5\times10^{-27}$ *obtém-se*

$$\frac{2\pi^2me^4}{h^3} = 3.1\times10^{15}$$

e o valor experimental é 3,29 × 10[15]".

Bohr nota que em descargas através de tubos a baixa pressão não foi possível encontrar mais de 12 riscas na série de Balmer, enquanto nos espetros de emissão de corpos celestes se observam 33 riscas, que são explicadas pela sua teoria.

Bohr explica a necessidade de se utilizarem baixas pressões para se obter um grande número de riscas nos espetros atómicos. De acordo com o diâmetro que calculou para as órbitas ($2a$), para $\tau = 12$, o diâmetro do átomo excitado é igual a 1,6 × 10[-6] cm que é a distância média entre dois átomos à pressão de 7 mmHg. Para $\tau = 33$ o diâmetro do átomo é de 1,2 × 10[-5] cm, que é a distância média entre moléculas à pressão de 0,02 mmHg. Assim, para que a desexcitação possa ocorrer por emissão de radiação é necessário que os átomos excitados se encontrem suficientemente afastados uns dos outros, o que exige pressões muito baixas.

Após uma série de outras discussões, o artigo de Bohr termina com uma generalização da hipótese utilizada no seu modelo:

"*Em qualquer sistema molecular constituído por um núcleo de carga positiva e eletrões movendo-se em órbitas circulares, considerando o núcleo em repouso em relação aos eletrões, o momento angular de cada eletrão em relação ao centro da sua órbita é igual a* $h/2\pi$, *em que* $\boldsymbol{h}$ *é a constante de Planck*".

* Note-se que Bohr representou a frequência de rotação do eletrão por $\boldsymbol{\omega}$ que é o símbolo vulgarmente utilizado para a pulsação, $\boldsymbol{\omega} = 2\pi f$, sendo $\boldsymbol{f}$ a frequência.

† É a energia de ionização. Atualmente considera-se a energia W negativa, pois para o eletrão localizado a uma distância infinita, considera-se $W = 0$.

‡ As unidades são as do Sistema cgs.

Materiais relacionados disponíveis na Casa das Ciências:

1. O que origina as riscas espetrais, de Carla Ribeiro;
2. Modelo de Bohr, de David Harrison;
3. Modelo do átomo de Bohr, de Water Fendt;
4. O átomo, de Michael Fowler.

Autor

Carlos Corrêa
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Editor

Jorge Gonçalves
Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Referência: Corrêa, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0077

Banco de Imagens da Casa das Ciências

Mais de **1500 imagens** com licença *Creative Commons* para as suas apresentações

Astronomia Biologia Física Geologia Introdução às Ciências Matemática Química

Visite-nos em:
imagem.casadasciencias.org

Wikiciências

A SUA ENCICLOPÉDIA EM CIÊNCIA

A Wikiciências conta com **mais de 800 entradas** em diversas áreas

Biologia Física Geologia História da Ciência Informática Matemática Química

A Wikiciências é dirigida a todos os **professores e estudantes** de ciências

Inclui os termos que fazem parte do glossário básico dos programas do Básico e Secundário

A Wikiciências aposta na **fiabilidade e rigor científico** dos seus conteúdos

Artigos escritos por professores e investigadores e sujeitos a avaliação científica prévia

Visite-nos em:
wikiciencias.casadasciencias.org

Apresentações para as suas aulas

Como já é hábito, selecionamos alguns recursos educativos disponíveis no portal da Casa das Ciências. Neste número dá-se destaque a recursos em *powerpoint*, *prezi*, *pdf*, *flash*, e que de algum modo possam ser úteis para a apresentação de conteúdos.

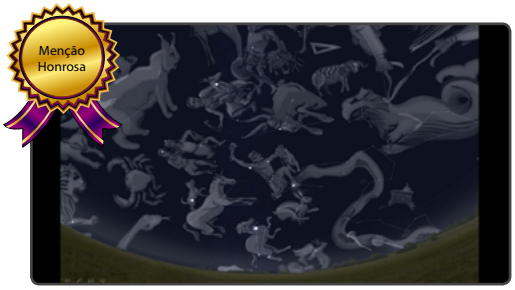
O conjunto de recursos aqui apresentado é apenas um pequeno exemplo da grande variedade de recursos que pode encontrar em casadasciencias.org onde, mediante um registo simples, pode descarregar estes e outros materiais e ainda submeter os seus para publicação.

Clique na imagem de cada um dos recursos apresentados, para os descarregar a partir do portal da Casa das Ciências.

Sugestões de recursos educativos

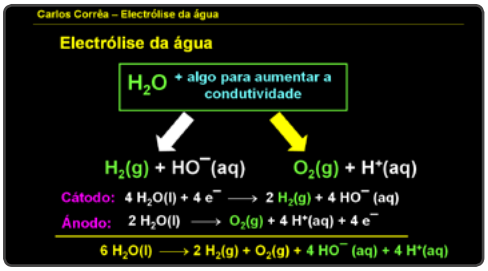
O aniversário da tia Carolina

Descrição: História em *powerpoint* e proposta de atividades manipulativas para uso do tangram, origami, simetrias, números e cálculo.
Tema: Operações simples
Autor: Sílvia Couto



Lendas no céu - constelações

Descrição: *Powerpoint* sobre constelações e lendas a elas associadas. A apresentação é acompanhada por dois mapas de estrelas que poderão ser utilizados pelos alunos para criarem as suas próprias constelações.
Tema: As estrelas
Autor: Carla Ribeiro



Eletrólise da água

Descrição: *Powerpoint* com vídeo incorporado, que explica e demonstra a eletrólise da água. A apresentação é acompanhada de um protocolo que permite a realização da experiência com materiais do quotidiano.
Tema: Transformações Químicas e Físicas
Autor: Carlos Corrêa

Problema ambiental em Minamata

Descrição: *Powerpoint* onde é apresentada uma estratégia de discussão para a abordagem de um problema ambiental que ocorreu em Minamata, no Japão.
Tema: Ecossistemas
Autor: Sílvia Ferreira

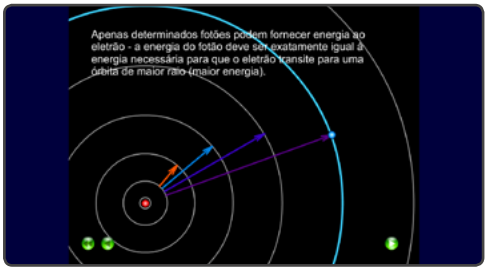
Sistema urinário

Descrição: *Prezi* que aborda a morfofisiologia do sistema urinário, com imagens da morfologia do sistema, a forma de excreção dos produtos resultantes do metabolismo celular e a formação da urina.
Tema: Morfofisiologia do sistema urinário
Autor: Ângela Rodrigues, Fátima Faria e Lurdes Araújo

Tabaco mata

Descrição: Este recurso em *powerpoint* apresenta-se sob a forma de um jogo cuja finalidade é a prevenção do tabagismo, promovendo a análise crítica dos efeitos associados ao consumo de tabaco.
Tema: Vários
Autor: Carmen Madureira, Gabriela Girão e Alice Vieira

Sugestões de recursos educativos

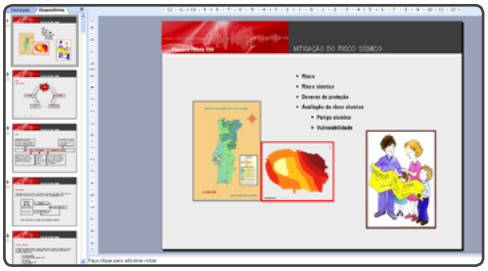


A ciência das células fotovoltaicas

Descrição: *Flash* que descreve a ciência por detrás do funcionamento de uma célula fotovoltaica, discutindo temas como o átomo de Bohr, os espetros de absorção solar e as caraterísticas dos semicondutores.
Tema: A radiação solar na produção da energia elétrica
Autor: Don Ion

De onde vêm os elementos químicos

Descrição: *Powerpoint* onde é abordada a formação de elementos a partir de partículas sub-atómicas e da fusão nuclear que ocorre no núcleo das estrelas.
Tema: Elementos químicos
Autor: Carla Ribeiro



Mitigação do risco sísmico

Descrição: *Powerpoint* sobre o ciclo dos desastre, o risco sísmico e como contribuir para a sua mitigação, conhecendo as várias técnicas a nível institucional e individual.
Tema: Sismologia
Autor: Maria Filomena Rebelo

Salto de um pára-quedista

Descrição: *Powerpoint* com animações, em que se explica, de forma simples mas cientificamente correta, a queda de corpos com resistência do ar não desprezável.
Tema: Queda de graves
Autor: Olívia Cunha

Organismos geneticamente modificados

Descrição: *Powerpoint* sobre Organismos geneticamente modificados e transgénicos: o que são, quais as possíveis aplicações e qual a opinião pública associada.
Tema: Transgénicos e organismos geneticamente modificados
Autor: Diana Lobo

Transdução de sinais 12

Descrição: *Powerpoint* dinâmico e interativo sobre sinalização celular, abordando processos celulares, fisiológicos e patológicos bem como as técnicas de biologia celular.
Tema: Crescimento e renovação celular
Autor: Luís Sousa

Banco de Imagens da Casa das Ciências

Amostra* de candidatos aos prémios de fotografia e desenho 2014

Fundação Calouste Gulbenkian

Dia 19 de Maio às 15h00

Amostra de candidatos à categoria de fotografia educativa

Inflorescência de Língua-de-ovelha
Foto de Rubim Silva

Formação da Brenha
Foto de Miguel Sousa

Flor de Periploca graeca
Foto de Rubim Silva

Alto Douro Vinhateiro
Foto de Paulo T. Santos

Fruto de nogueira
Foto de José Pissarra

Percevejo
Foto de Paulo T. Santos

Coruja-das-torres
Foto de Artur Oliveira

Aranha-de-cruz-pálida
Foto de Paulo T. Santos

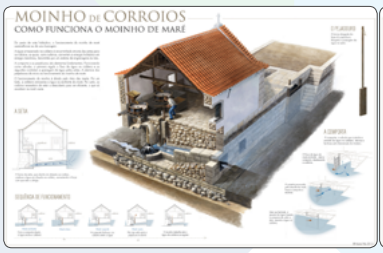
Prado na Primavera
Foto de Paulo T. Santos

Ritidoma
Foto de Rubim Silva

Mosca
Foto de Paulo T. Santos

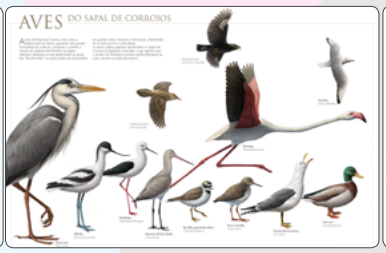
Percevejo listrado
Foto de Rubim Silva

Amostra de candidatos à categoria de desenho educativo



Moínho de Corroios
Ilustração de Xavier Pita

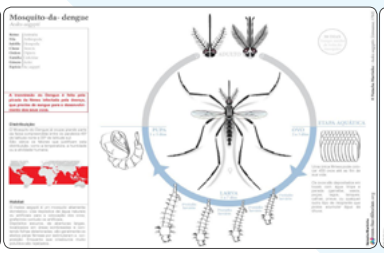
Moínho de Corroios
Ilustração de Xavier Pita



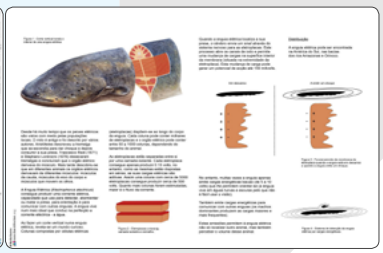
Aves do Sapal de Corriois
Ilustração de Xavier Pita

Lontra
Ilustração de Marco Correia

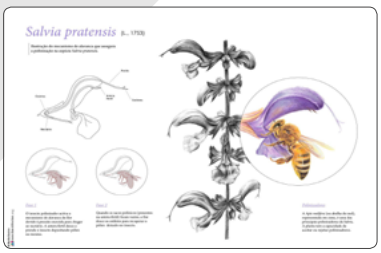
Pato-real
Ilustração de Marco Correia



Mosquito-da-dengue
Ilustração de Natacha Martinho



Enguia elétrica
Ilustração de Marília Santos



Salvia pratensis
Ilustração de Marília Santos

* Consulte na página da Casa das Ciências a lista completa de candidatos ao Prémio de Fotografia e Desenho Educativo.

Coelho-bravo - *Oryctolagus cuniculus* (Foto de Paulo Talhadas dos Santos)

Fotos e ilustrações nas suas apresentações

Para este número da revista selecionamos mais um pequeno conjunto de imagens que estão disponíveis no Banco de Imagens da Casa das Ciências. Descarregue gratuitamente estas e outras imagens do Banco de Imagens da Casa das Ciências e comece hoje mesmo a produzir apresentações ou páginas web com imagens de grande valor científico e didático, com a garantia de qualidade da Casa das Ciências e licença *Creative Commons*.

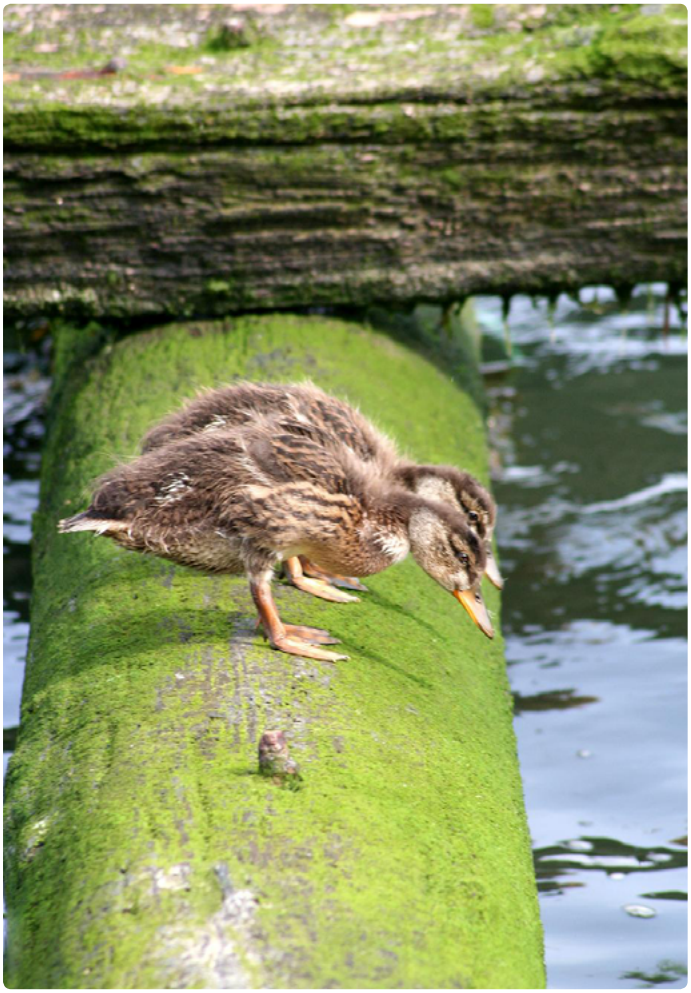
Aceda a imagem.casadasciencias.org ou clique nas imagens para as descarregar a partir do Banco de Imagens.

Banco de Imagens da Casa das Ciências

Banco de imagens

Bainha perivascular em Gramínea xerófita.
Pormenor de uma nervura de folha de Gramínea com caraterísticas xerofíticas. A nervura surge rodeada por uma Bainha perivascular constituída por duas camadas, uma camada de células de parênquima e uma camada de células de esclerênquima, a rodear o xilema e o floema do feixe vascular.
Ammophila (Poaceae)
Foto de José Pissarra.

Matemática e Natureza.
No séc. XIII, Leonardo Fibonacci propôs uma sequência de números inteiros (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 ….) que em termos matemáticos pode ser definida como uma fórmula simples em que cada elemento, a partir do terceiro, é obtido somando-se os dois anteriores (eg., 1+1=2, 2+1=3, 3+2=5 …). Os números ou séries de Fibonacci podem ser observados no arranjo das flores (e/ou frutos) dos capítulos florais de *Asteraceae*, como a da fotografia. As flores tubulares do centro do capítulo (amarelas) dispõem-se de modo a formarem espirais que se curvam tanto para a direita, como para a esquerda.
Foto de Rubim Silva.

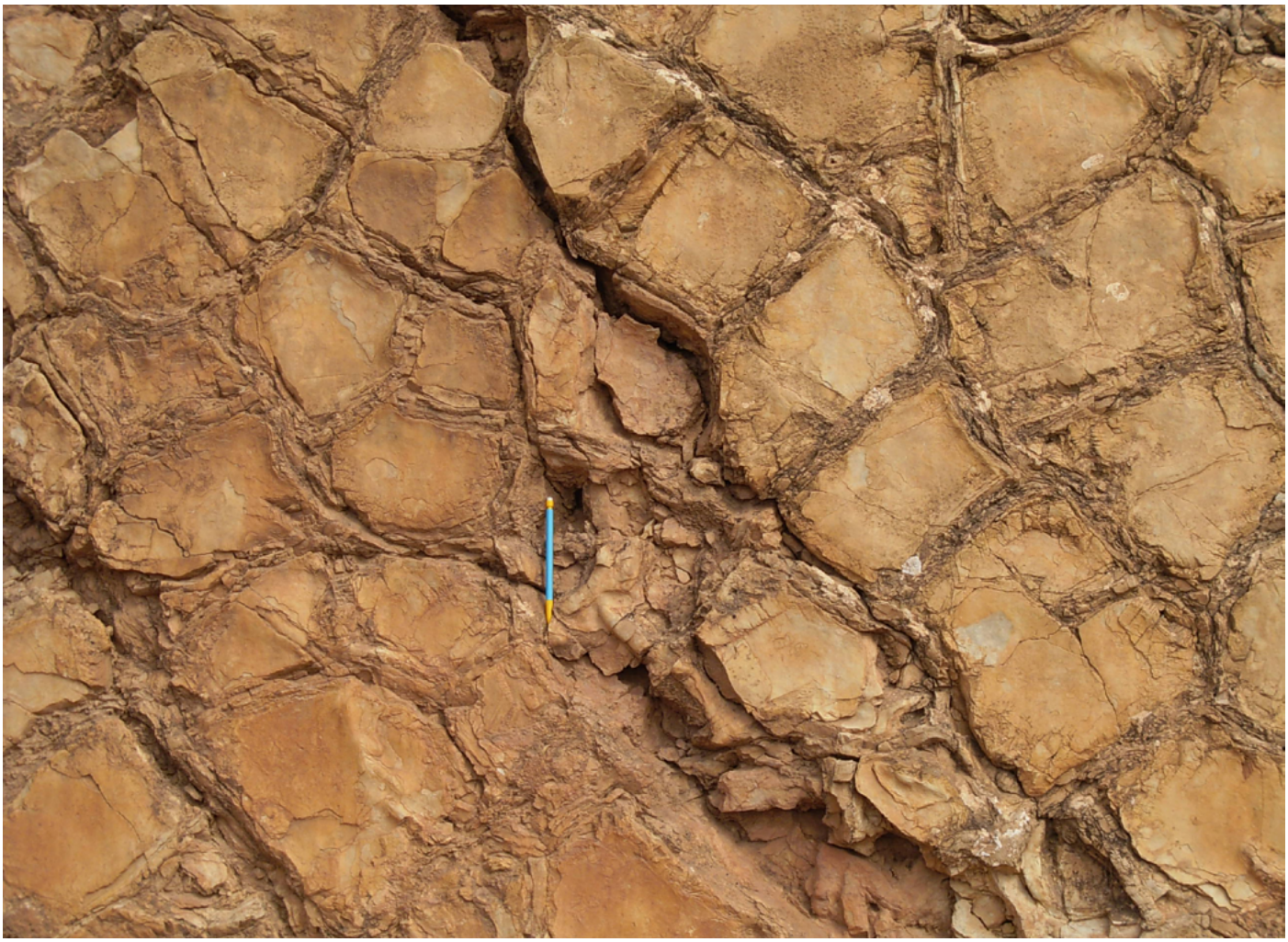


Patos.
Patos fotografados no Rio Douro. Juvenis, provavelmente de Pato-real.
Anas platyrhynchos
Foto de Nuno Machado.

Maçarico-de-bico-direito.
Maçarico-de-bico-direito ou Milherango.
Limosa limosa
Foto de Paulo Talhadas dos Santos.

Bichos-da-seda.
A foto mostra lagartas e crisálidas de bicho-da-seda e folhas de amoreira, de que as lagartas se alimentam.
Bombyx mori
Foto de Alexandra Nobre.

Banco de imagens



Fenda de Dessecação.
Estrutura sedimentar resultante da emersão, dessecação e contração poligonal de argilas, observada no topo de um estrato do Jurássico de Marrocos.
Foto de Luís Duarte.

Marmitas litorais.
Marmitas litorais da praia de Vila Nova de Milfontes.
Foto de Raquel Antunesa.

Estratificação rítmica.
Alternâncias rítmicas de estratos de calcário e de marga numa sucessão datada do Pliensbaquiano (Jurássico Inferior) das Astúrias (Espanha).
Foto de Luís Duarte.

Estrutura.
Estrutura sedimentar associada a períodos de tempestade em ambientes costeiros. Exemplo do Jurássico Inferior das Astúrias (Espanha).
Foto de Luís Duarte.

Equilíbrio amoníaco-amónio.
Se adicionarmos cloreto de amónio sólido a uma solução aquosa de amoníaco, avermelhada pela presença de fenolftaleína, o equilíbrio $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + HO^-$ desloca-se no sentido inverso, diminuindo a concentração de HO^-, tornando a solução menos rósea. Na figura pode notar-se, de cima para baixo, a transição de uma zona alcalina (excesso de HO^-) para uma zona ácida (excesso de NH_4^+).
Foto de Carlos Corrêa.

Fumos de cloreto de amónio.
O cloreto de hidrogénio gasoso libertado de uma solução concentrada deste ácido reage com amoníaco gasoso libertado de uma solução concentrada de amoníaco, dando cloreto de amónio, sólido.
Foto de Carlos Corrêa.

Animações em *flash*: interpolação

A Revista de Ciência Elementar pretende incentivar todos os leitores a criarem as suas próprias animações e simulações, fornecendo para isso algumas dicas que podem ser úteis a quem se pretenda iniciar na construção deste tipo de recursos.

Atualmente são muitas as ferramentas que podem ser utilizadas para a construção de animações ou simulações, sendo uma das mais conhecidas o *Adobe Flash*. É precisamente com esta ferramenta que iremos dar continuidade ao tutorial iniciado no número anterior, "Aprenda a construir animações interativas".

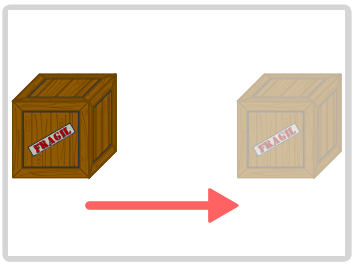
Neste tutorial, explora-se a criação de trajetórias de movimento, indispensáveis para animar a posição de um objeto sem recurso ao editor de código,criando-se assim, de forma relativamente simples, animações bastante ricas e complexas.

Caso ainda não tenha o Adobe Flash faça o download da versão experimental, gratuita por 30 dias. Todos os recursos necessários para o cumprimento do tutorial podem ser descarregados a partir do centro de downloads da página *online* da revista. Caso não tenha lido ou pretenda rever o tutorial publicado no número anterior, pode efetuar o download da Revista de Ciência Elementar, volume 2, número 1 a partir da página da revista.

Interpolação no *flash*

É relativamente simples produzir a alteração gradual das propriedades de um objeto no flash. Propriedades como posição, rotação, opacidade, escala, etc. são facilmente alteradas de forma mais ou menos suave no decurso do tempo, uma vez que em muitos casos é apenas necessário definir os estados inicial e final do objeto, encarregando-se o computador de efetuar todos os cálculos necessários para determinar os estados intermédios (interpolação). O flash permite efetuar três tipos de interpolações, a **interpolação clássica** (*classic tween*), a **interpolação de movimento** (*motion tween*) e a **interpolação de formas** (*shape tween*).
A primeira, a interpolação clássica (*classic tween*), determina todos os valores intermédios de uma propriedade, com base nos valores inicial e final; a segunda, a interpolação por movimento (*motion tween*), é bastante mais complexa e flexível que a primeira e permite alterar simultaneamente várias propriedades; a terceira, a intepolação de formas (*shape tween*), que não será abordada neste número, permite fazer transições suaves de cores e de formas.

Interpolação clássica (Classic Tween)
A interpolação clássica (*classic tween*) é bastante utilizada em animações simples, quando se pretende definir apenas o estado inicial e final de um objeto. Considere por exemplo, que pretendermos que a caixa da figura seguinte se desloque da esquerda para a direita da área de trabalho (*stage*):



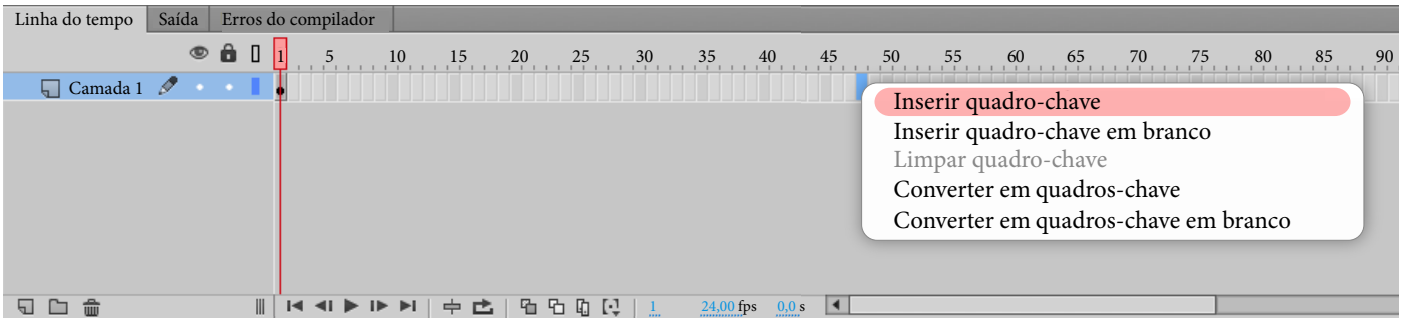
Neste caso, a forma mais simples de animar a caixa é aplicar uma interpolação clássica (*classic tween*). Para o fazer, siga atentamente os passos seguintes:

1. Se ainda não descarregou os ficheiros de apoio, faça o download dos mesmos a partir do centro de downloads da página online da revista. Depois de efetuado o download descompacte a pasta .zip.

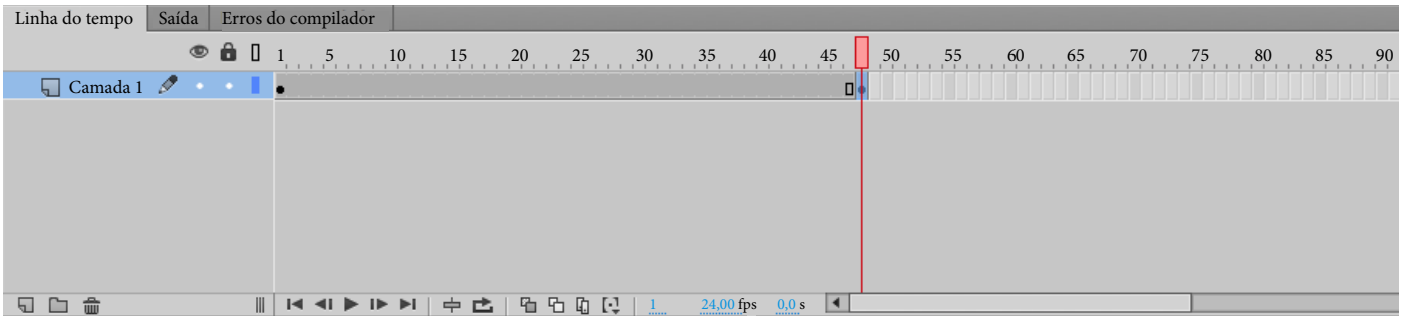
2. Inicie o Adobe Flash e na janela de opções de documentos que surge no arranque do programa, selecione a opção **ActionScript 3.0**.

3. Identifique na pasta de recursos o ficheiro "**caixa.png**" e arraste este ficheiro para o *stage*. A imagem da caixa surge no *stage* e é associada à **Camada 1**, a única que o documento possui de momento.

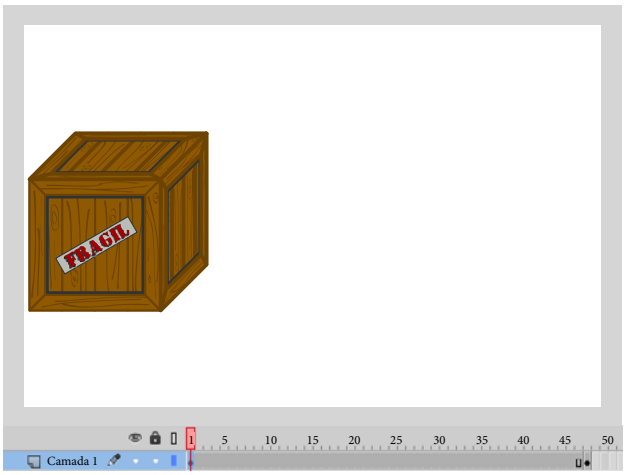
4. Na **linha de tempo** (*timeline*) selecione o retângulo correspondente à posição 48 e insira um **frame-chave** (ou quadro-chave - *keyframe*), clicando com o botão direito e selecionando a opção **Inserir quadro-chave** (*Insert Keyframe*).

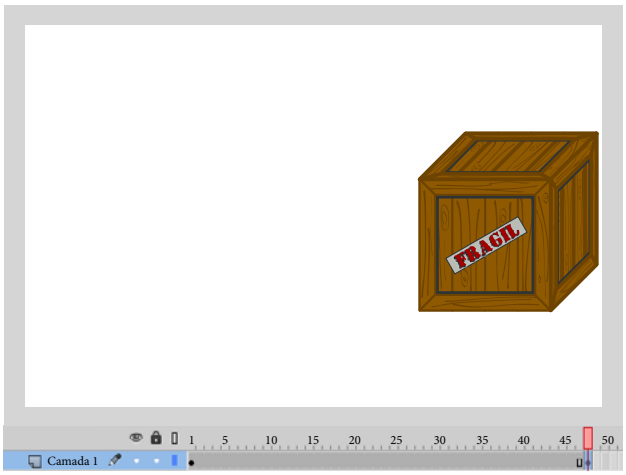


Deverá ficar com uma linha de tempo (*timeline*) semelhante à seguinte:

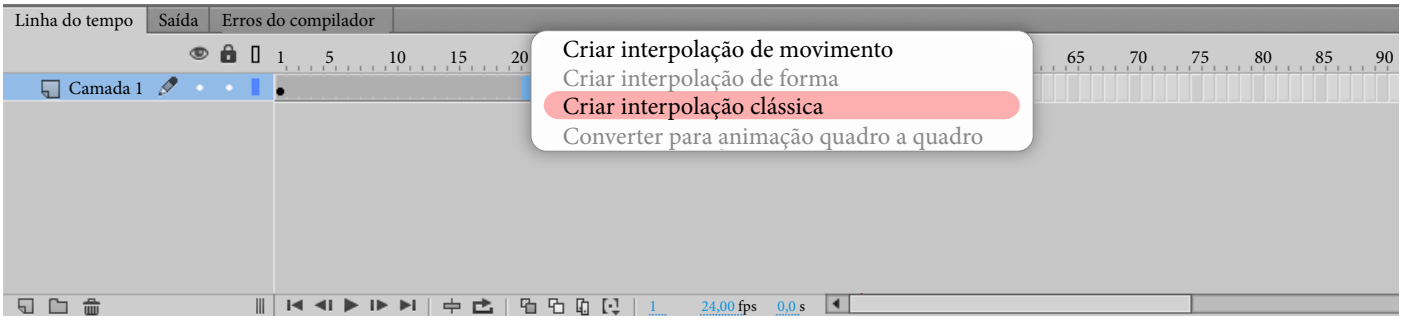


5. Na linha de tempo (*timeline*), selecione o frame número 1 e arraste a caixa para o lado esquerdo do *stage*. Em seguida selecione o frame número 48 e arraste a caixa para o lado direito do *stage*:

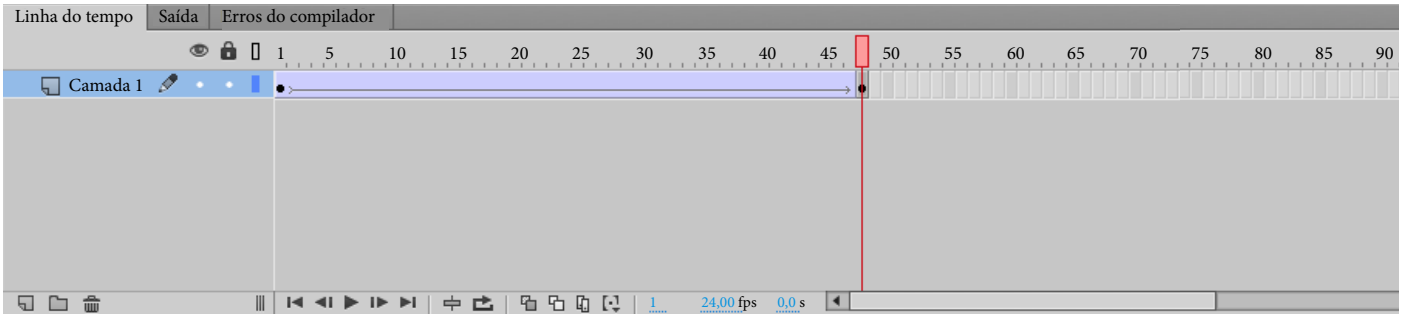




6. Selecione qualquer um dos frames compreendidos entre 1 e 48, clique com o botão direito e selecione a opção **Criar Interpolação Clássica** (*Create Classic Tween*):



7. O resultado deve ser semelhante ao da imagem seguinte:



8. Desloque a ***playhead*** ou pré-visualize a animação presionando **CTRL / CMD + ENTER**. A caixa move-se

entre as duas posições definidas, a inicial (no frame 1) e a final (no frame 48). O flash determinou todas as posições intermédias entre estes dois pontos.

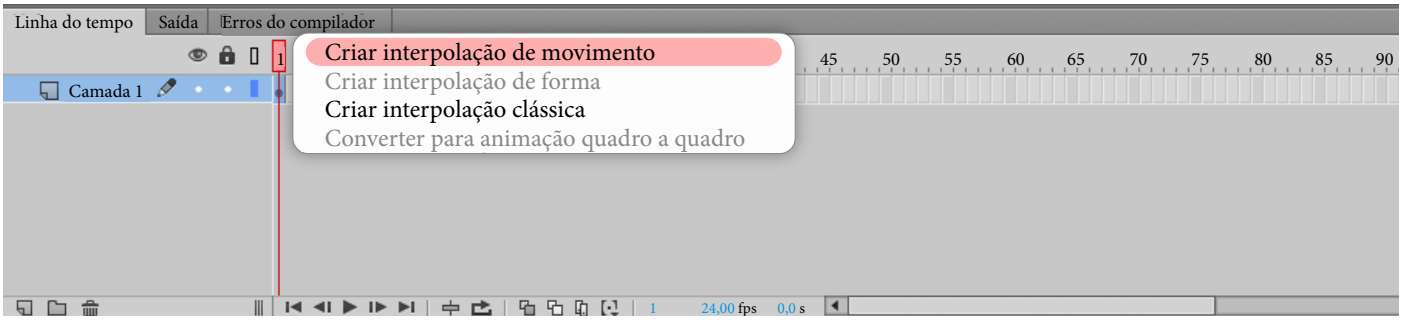
9. A interpolação clássica (*classic tween*) pode ser utilizada para animar a posição de objetos, como acabamos de ver, mas também para animar a rotação, a opacidade e outras propriedades.

Interpolação de Movimento (Motion Tween)
A interpolação de movimento (*motion tween*) permite obter resultados bem mais complexos que a interpolação clássica (*classic tween*), e é também relativamente simples de utilizar. Para o demonstrar, vamos animar a posição de um pássaro ao longo de uma trajetória curvilínea, e ao mesmo tempo, efetuar as rotações necessárias para que o pássaro esteja, a cada momento, a olhar na direção do movimento.

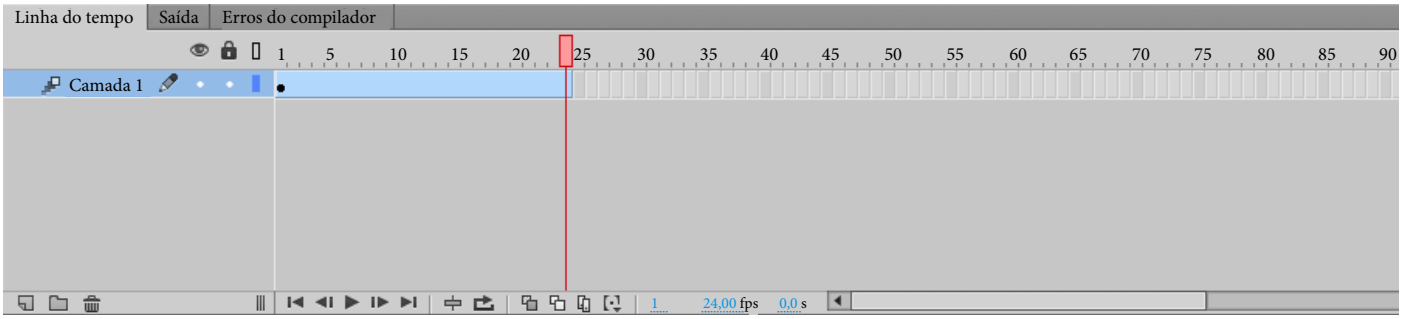
1. Crie um novo documento ActionScript 3.0.

2. Identifique na pasta de recursos o ficheiro passaro.png e arraste este ficheiro para a área de trabalho (Stage) do flash. A imagem do pássaro surge no stage e é associada à **Camada 1**, a única que o documento possui de momento.

3. Selecione o único frame da linha de tempo (*timeline*) e, com o botão direito escolha a opção **Criar interpolação de movimento** (*Create motion tween*):

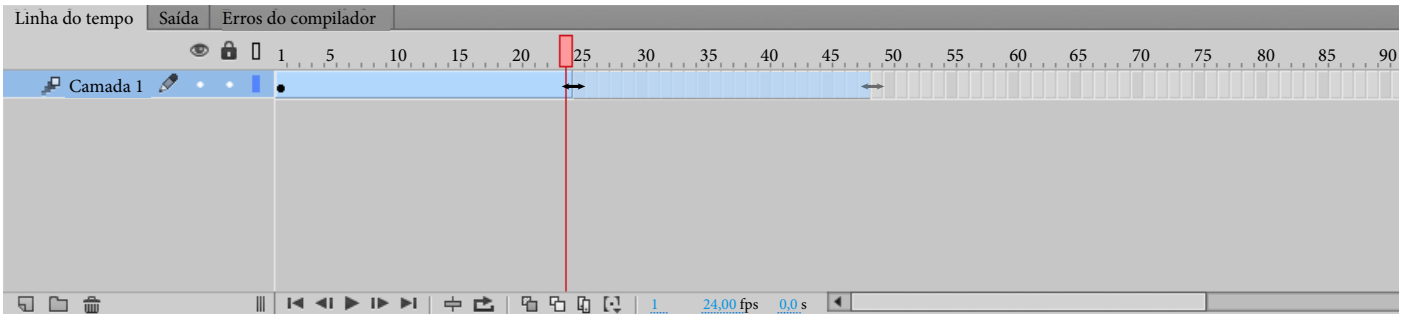


Deverá surgir uma janela a avisá-lo que o objeto que pretende animar não é um símbolo, e que para avançar deverá converter este objeto num símbolo. Clique em ***OK*** para avançar. (Abordaremos o significado e importância dos símbolos num próximo número.) Depois desta operação, a linha de tempo (*timeline*) deverá ser semelhante à da imagem seguinte:

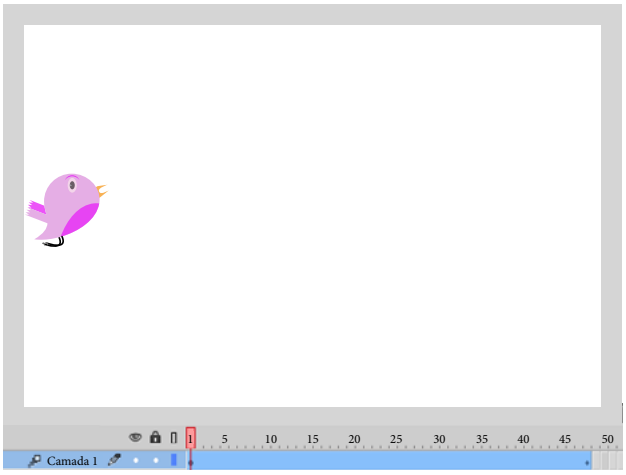


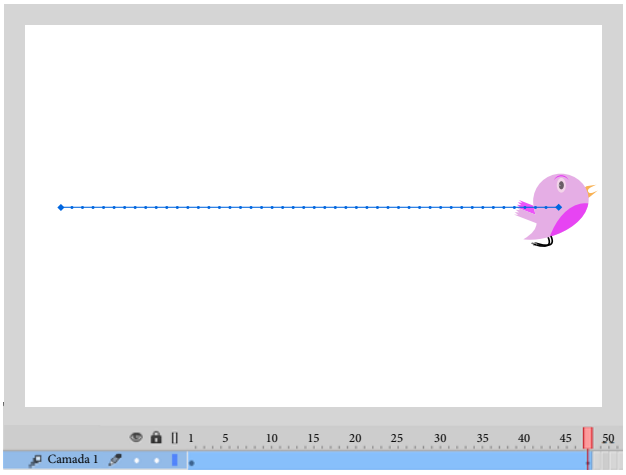
A barra azul corresponde ao intervalo em que ocorrerá a interpolação. Este intervalo pode ser "esticado" ou "encolhido", bastando para isso aproximar o rato do limite direito do retângulo e, quando o ponteiro do rato se transformar numa dupla seta (↔), arrastar para a esquerda ou para a direita, consoante o intervalo pretendido.

4. Aumente o intervalo correspondente à interpolação para que tenha uma duração de 48 frames. Para isso, e tal como descrito no ponto anterior, coloque o ponteiro do rato na extremidade direita do retângulo azul e arraste até ao frame número 48.



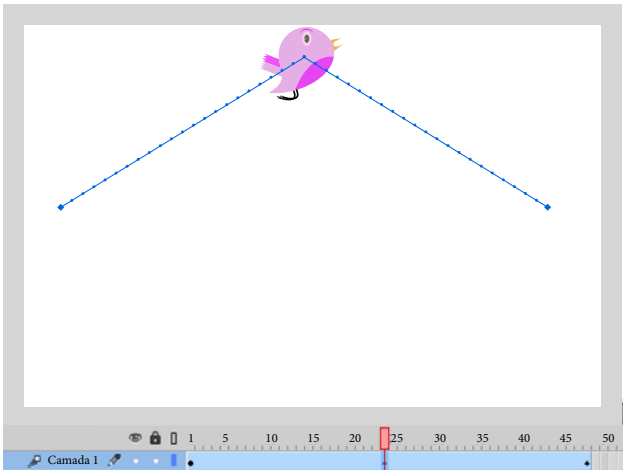
Selecione o frame 1 e mova o pássaro para o lado esquerdo do *stage*. Em seguida selecione o frame 48 e mova o pássaro para o lado direito do *stage*:





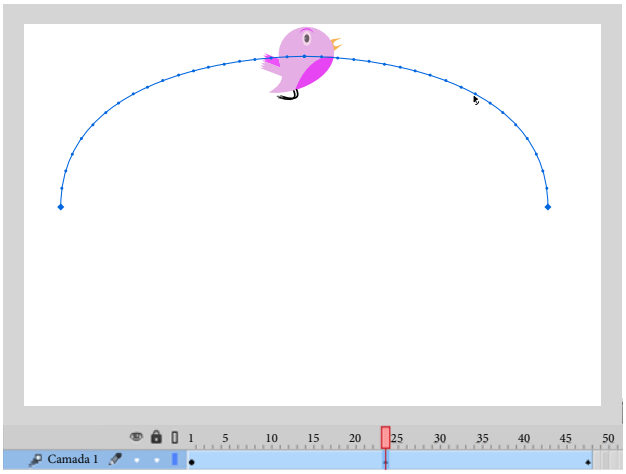
Repare que, ao contrário do que acontecia na interpolação clássica (*classic tween*), desta vez surge uma linha de trajetória com pontos. Cada um destes pontos corresponde à posição do pássaro em cada um dos frames intermédios. Isso significa que podemos definir a posição do pássaro nos frames intermédios.

5. Selecione agora o frame 24 e mova o pássaro para o topo do *stage*:



Repare que a linha de trajetória se adaptou à nova posição intermédia.

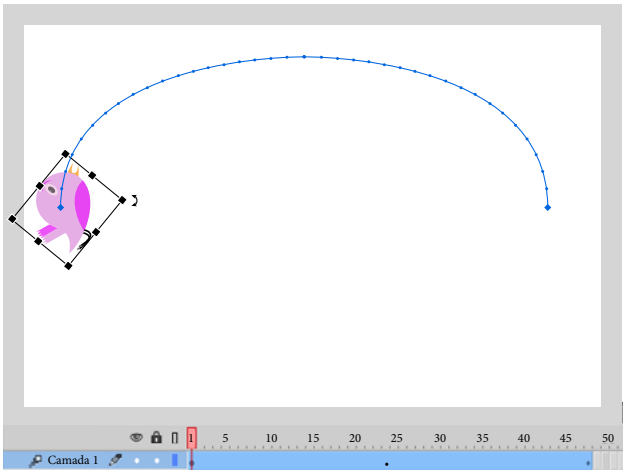
6. É possível editar a posição do pássaro para qualquer um dos frames intermédios, bem como tornar a trajetória curva, de modo a que o movimento do pássaro pareça mais natural. Para o fazer, basta aproxime o ponteiro do rato desta linha de trajetória e arraste um dos pontos até obter a curvatura desejada:

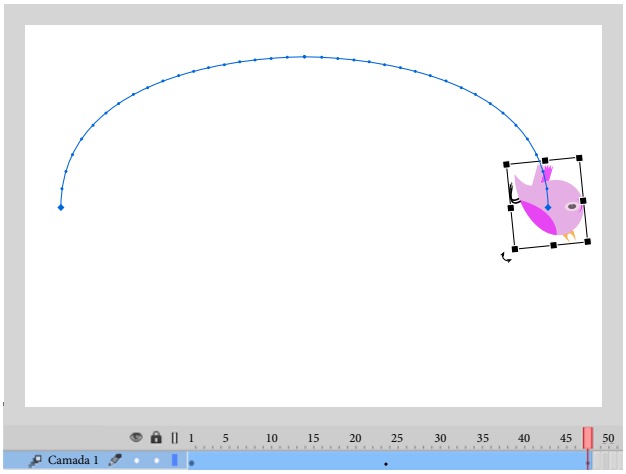


7. Desloque a ***playhead*** ou pré-visualize a animação presionando **CTRL / CMD + ENTER**. O pássaro move-se ao longo da trajetória representada.

8. Repare que o pássaro está sempre a olhar na mesma direção, o que torna o movimento pouco realista. Para dar um ar mais natural ao movimento do pássaro, selecione o frame 1 e em seguida a **Ferramenta de Transformação Livre** ( ).

9. Aproxime o rato de um dos vértices do retângulo que surge em torno do pássaro e gire-o de modo a que o pássaro fique orientado com a trajetória. Repita o procedimento para o frame número 48:





10. Desloque a ***playhead*** ou pré-visualize a animação presionando **CTRL / CMD + ENTER**. O pássaro move-se ao longo da trajetória representada mas desta vez está sempre, em cada ponto, a olhar na direção do movimento.

Experimente alterar a posição e rotação do pássaro em diferentes frames e crie movimentos mais complexos. Altere também a escala do objeto para dar a sensação de proximidade ou afastamento ao observador.

Com estes dois tipos de interpolação, a interpolação clássica (*classic tween*) para movimentos mais simples, e a interpolação de movimento (*motion tween*) para movimentos mais complexos, já é capaz de criar uma grande variedade de animações simples que lhe poderão ser úteis nas suas aulas.

Nuno Machado
Casa das Ciências

Correio do leitor

Esta revista surgiu a pensar em si e por isso é muito importante para nós conhecer as suas opiniões.

Envie-nos os seus comentários e sugestões para o endereço rce@casadasciencias.org.

Sou professora de Biologia, Física, Química e Matemática em Ensino Fundamental , Ensino Médio e no Ensino Superior. Gostei muito da revista. Gostaria de saber como faço para recebê-la?

Marisa Tunini

De momento a Revista de Ciência Elementar não tem edição em papel, pelo que a única forma de aceder aos conteúdos da revista é descarregando-a de forma completamente livre a partir de rce.casadasciencias.org ou da iBook Store.

Se quiser ser "avisada" e receber automaticamente a revista sempre que esta é publicada, basta registar-se como membro no portal Casa das Ciências. Agradecemos o interesse manifestado.

Tive agora mesmo a oportunidade de ver o trabalho por vós desenvolvido na Revista de Ciência Elementar. Além de achar a ideia muito interessante, quero dar-vos os parabéns pelo trabalho desenvolvido que me parece bastante bem conseguido e feito com rigor no que concerne à parte onde mais posso julgar, a Matemática.

Venho, assim, manifestar o meu interesse em colaborar convosco quer como revisor, quer como autor. Gostaria que me informassem se tal é possível e de que forma o posso fazer.

Isabel Brás

Desde logo o nosso obrigado pelas suas amáveis palavras, toda a colaboração é bem-vinda.

No que respeita a *referees* a decisão compete aos Editores,ara quem foi remetida a sua disponibilidade.

Quanto à colaboração com artigos, naturalmente que os receberemos com toda a atenção. Serão vistos usando a habitual metodologia de *peer review*, e daremos sempre notícias sobre a decisão. Agradecemos apenas duas coisas:

1. que não se sobrepusesse ao que já está publicado quer na Revista de Ciência Elementar, quer na WikiCiências, para onde são remetidos também os artigos aqui publicados e que também funciona em sentido inverso, ou seja, todos os que aí são publicados, também acabam por ser publicados na Revista.

2. Como estão diversas pessoas a trabalhar em artigos para publicação pediamos apenas que nos desse nota do que pretende abordar para lhe poder mos dizer se existe sobreposição ou não.

Agradecemos uma vez mais o interesse manifestado em colaborar com a Revista.

Tive conhecimento do n.º 2 e dei uma vista de olhos rápida. É uma boa ideia e parece-me conter material interessante na nossa língua. No entanto, precisamente a propósito da língua portuguesa, queria pedir-vos que tivessem cuidado com a maneira como a translineação é feita, pois nos poucos parágrafos que li encontrei três erros de translineação.

António Caetano

Agradecemos o seu alerta. De facto, e apesar de todo o texto ser revisto várias vezes e por várias pessoas antes da publicação, alterações de última hora levaram a que surgissem problemas na translineação, problemas esses que só foram identificados depois da revista ter sido tornada pública.

Casa das Ciências

Portal Gulbenkian para professores